

Physiologische Untersuchungen über willkürliche relative Koordination

von

MARIA GUNKEL

1961

Physiologische Untersuchungen über willkürliche

relative Koordination.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

zu München

vorgelegt

von

Maria Gunkel

aus

München

1960



1. Berichterstatter: Professor Dr E.v.Holst
2. Berichterstatter: Professor Dr K.v.Frisch

Tag der mündlichen Prüfung: 20. und 21. 7. 1961.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Fragestellung	1
II. Literatur	4
III. Die Methodik und ihre Grenzen	
a) Die Versuchsanordnung.	9
b) Das Auswertungsverfahren	16
IV. Darstellung und Diskussion der Befunde	
a) Die Grundformen.	19
b) Die Koaktionslagen	72
c) Die Dominanz	79
d) Die Frequenzen	84
e) Die Grösse der Abhängigkeit	
1.) Die Schwierigkeiten ihrer Bestimmung	88
2.) Die Grösse der Abhängigkeit bei verschiedenen Gliedern	91
3.) Die Grösse der Abhängigkeit in Beziehung zur Seitigkeit	93
4.) Die Grösse der Abhängigkeit bei Angehörigen verschiedener Berufe und Altersstufen.	94
5.) Die Grösse der Abhängigkeit und der Typus der Versuchsperson	96
f) Die Einübung in relative Koordination.	99
V. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerung	105
Verzeichnis der angeführten Literatur	113



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Fragestellung

In den Jahren 1935 - 1939, als die Grenzen des Reflexbegriffes zwar klar erkannt waren, die Spontanität des Zentralnervensystems und seine Ordnung aber nur elektrophysiologisch in ersten Anfängen erforscht wurden, gelang es v. H o l s t bei Medulla-Fischen, von den Bewegungsformen der Flossen, die gleichzeitig in verschiedenen Frequenzen tätig sind, auf automatisch-rhythmische Prozesse im Rückenmark und deren koordinierende Faktoren - Superposition und Magnet-Effekt - zu schliessen. Dieser Sprung von den Bewegungsformen zu zentralnervösen Vorgängen hat zur Voraussetzung,

- 1.) dass bestimmte gegenseitige Beziehungen zwischen den Bewegungsformen mit grosser Genauigkeit auftreten, und
- 2.) dass diesen Beziehungen nicht ein Komplex verschiedenartiger, noch nicht trennbarer Prozesse zugrunde liegt.

Diese Voraussetzungen sind beim Menschen nicht gegeben.

- 1.) zeigen hier rhythmische Hin- und Herbewegungen zweier Glieder in verschiedener Frequenz eine für den Untersucher immer wieder erschreckende und verwirrende Mannigfaltigkeit, und
- 2.) werden bei den Landtieren (besonders bei den Klettertieren) und beim Menschen an die Bewegungskoordinationen sehr viel höhere Anforderungen gestellt als beim Fisch, der vom Wasser im Gleichgewicht mitgehalten wird und an keine feste Unterlage gebunden ist, und entsprechend ist an den hochkomplizierten Bewegungsvorgängen jener der Faktorenfilz des Gehirns in einem ganz anderen Ausmass beteiligt, als dies beim Fisch der Fall ist.

Trotzdem erhielt v. H o l s t beim Menschen, als er verschieden frequente Bewegungen zweier gleichzeitig tätiger Unterarme registrierte, Kurvenstellen, die Superpositions- und Magnet-Effekt-Kurven von Medulla-Fischen gleichen. Wie lässt

sich das erklären? Beruht die gegenseitige Abhängigkeit zweier Glieder beim Menschen auf Rückenmarksvorgängen, die denen bei Fischen entsprechen, oder handelt es sich bei Superposition und Magnet-Effekt um Koordinationsmechanismen, die nicht nur im Rückenmark, sondern auch in "höheren Zentren" wirksam sind, oder schliesslich hat die Bewegungsabhängigkeit zweier Fischflossen mit der menschlicher Gliedmassen zwar formal gemeinsame Züge, ist aber kausal grundverschieden? Leider ist es im Verlauf dieser Untersuchungen nicht gelungen, einen Weg zu finden, auf dem diese Fragen entschieden werden könnten, und dies dürfte beim heutigen Stand der Nervenphysiologie ohne ganz neue Methode auch nicht möglich sein. Deshalb will diese Mitteilung zur Klärung der Fragen dadurch einen Beitrag geben, dass sie - ungeeignet von aller Theorie - in rohen Umrissen ordnend - die Effekte beschreibt, die auftreten, wenn Versuchspersonen aufgefordert werden, ihre Unterarme, Oberarme, Hände, Unterschenkel in verschiedener Frequenz zu bewegen, und jene vergleicht mit den Erscheinungen, die an Medulla-Fischen analysiert wurden.

Herrn Professor Dr. Erich von H o l s t möchte ich für seine grosszügige Leitung und Förderung der vorliegenden Untersuchung meinen wärmsten Dank sagen.

Begriffe und Abkürzungen.

Absolute Koordination, relative Koordination, Rhythmus, Periode, Magnet-Effekt, Superposition, Phase, Gegenphase, Aktionszeit, Koaktionslage, Koaktion, Disaktion, synergistische bzw. antagonistische Bewegungen werden wie bei v. H o l s t (1935-1939) gebraucht .

- Dominanz = s.S.79
- g.bzw.k.Rhythmus = der Rhythmus, dessen Schwingungen grössere bzw. kleinere Aktionszeiten haben oder haben sollen als der gleichzeitig ablaufende Rhythmus.
- g.bzw.k.Glied = das Glied, dessen Schwingungen grössere bzw. kleinere Aktionszeiten haben oder haben sollen als die des gleichzeitig tätigen anderen Gliedes.
- Schwingung = Auf- und Abwärtsbewegung (Vollschwingung).
- Ko- bzw.Dis-Schwingung = die Halbschwingung eines Rhythmus, die mit dem anderen Rhythmus in Koaktion bzw. Disaktion verläuft.
- Amplitude einer Ko- bzw.Dis-Schwingung = der senkrechte Abstand zwischen den Endpunkten (Extremwerten) einer Ko- bzw.Dis-Schwingung.
- Ein Versuch = die Ausführung der gestellten Aufgaben durch eine Versuchsperson.
- Eine Übung = die Ausführung von Aufgabe 1 oder 7 oder 8 mit einem Gliederpaar.
- Einzelversuch =
- Einzelübung =

U = Unterarm(e)

H = Handgelenk(e)

O = Oberarm(e)

B = Unterschenkel

r = rechter

l = linker

Weitere Abkürzungen s.S.11, 12 u.S. 20-22

Zur Vereinfachung der Formulierung werden in dieser Arbeit die Ausdrücke so gewählt, als bestünde zwischen psychischen und physischen Geschehen ein einfaches Kausalverhältnis, ohne dass durch diese Ausdrucksweise das Leib-Seele-Problem berührt werden soll.

II. Literatur.

Willkürliche rhythmische Hin- und Herbewegungen zweier gleichzeitig in verschiedener Frequenz tätiger Glieder sind bisher noch nicht eingehend untersucht worden. B e t h e (1935, S.1196) kam in seiner Plastizitätslehre ganz kurz und allgemein darauf zu sprechen, um im Beispiel zu zeigen, dass "das gesamte Nervensystem ein einheitliches Ganzes bildet, in welchem jeder Vorgang jeden anderen bald in höherem, bald in geringerem Masse derart beeinflusst, dass ein gemeinsames Handeln resultiert"

Als Erster registrierte v. H o l s t (1938²) willkürliche rhythmische Hin- und Herbewegungen in verschiedener Frequenz, indem er Versuchspersonen zwei leichte Hebelarme durch ihre Unterarme bewegen liess. Zu diesen Versuchen führte ihn die Frage "ob die am Rückenmark der Fische entwickelten Vorstellungen über die Koordination rhythmischer Bewegungen auch auf Vorgänge im menschlichen Rückenmark übertragbar seien" (v.Holst 1938², S.54). Trotz der Kürze der Untersuchungen stellte er die für die Frage wesentlichsten Effekte heraus:

- 1.) Es besteht eine Tendenz zu Frequenzgleichheit und bestimmter gegenseitiger Phasenbeziehung, durch die Periodenbildungen auftreten können, die den Magnet-Effekt- und Superpositions-kurven von Medulla-Fischen gleichen.
- 2.) Diese Tendenz ist interindividuell sehr verschieden stark wirksam. Einigen Versuchspersonen gelang es auch nach einigem Probieren nicht, ihre Unterarme in verschiedener Frequenz zu bewegen (absolute Koordination). Die Mehrzahl der Versuchspersonen konnte es aber sogleich oder nach kurzem Probieren. Jedoch beeinflussten sich dabei die Rhythmen gegenseitig oder einseitig (relative Koordination). Einzelne Versuchspersonen vermochten ihre Unterarme völlig

unabhängig voneinander zu bewegen.

- 3.) Treten periodische Abhängigkeitsformen auf, so entstehen sie entgegen der Absicht der Versuchspersonen und mehr oder weniger ohne deren Willen. Bei Ablenkung der Aufmerksamkeit nimmt die Abhängigkeit häufig zu, was darauf hindeutet, dass der Ort der Koordinierung in niederen Teilen des C.N.S., - vielleicht im Rückenmark selbst - zu suchen sein dürfte.
- 4.) Es kann sowohl der schnellere den langsameren Rhythmus allein beeinflussen als auch umgekehrt, oder sie können sich, wie meist, wechselseitig beeinflussen.
- 5.) "Die angestrebte Phasenbeziehung ist entweder alternierendes oder aber synchrones Schwingen der Arme" (v.Holst 1939¹, S.297). - Aus diesen Gründen hielt v. H o l s t die "Übertragung der an Fischen gewonnenen Vorstellungen über das Zustandekommen der Koordination - solange Gegenargumente nicht vorliegen - für vollkommen berechtigt" (v.Holst 1938², S.58).

Eine gute Bestätigung fand diese Annahme dadurch, dass J u n g (1941¹) durch physiologische Untersuchungen über den Parkinsontremor und andere Zitterformen beim Menschen dazu geführt wurde, den menschlichen Tremor als "ein phylogenetisch altes Relikt einer primitiven Bewegungsform" aufzufassen, dessen Charakteristika mit denen der Flossenbewegungen von Medulla-Fischen weitgehend übereinstimmen, das aber beim Gesunden deshalb nicht in Erscheinung tritt, weil es nicht isoliert ist, sondern eng in die gesamte Bewegungskoordination eingebaut und von höheren Strukturen kontrolliert wird. Durch Registrierung von Muskelaktionspotentialen und Bewegungseffekten beim Parkinsontremor fand J u n g folgende Parallelen zu den Bewegungen der Medulla-Fische:

- 1.) Die Zitterbewegungen verschiedener Extremitäten können - besonders im Beginn der Erkrankung - völlig unabhängig voneinander sein.

- 2.) Bei den Zitterbewegungen kann der schnellere Rhythmus den langsameren oder der langsamere den schnelleren Rhythmus in Frequenz und Amplitude oder in beiden zugleich vorübergehend beeinflussen. Dabei kann es - besonders in fortgeschrittenen Fällen von Parkinson-tremor - zu Periodenbildungen kommen, die denen, die v. H o l s t an Medulla-Fischen fand, gleichen. Jedoch sind Kurven, in denen Magnet-Effekt oder Superposition deutlich zum Ausdruck kommen, sehr selten. J u n g erklärte dies damit, dass beim menschlichen Tremor unkontrollierbare Einflüsse aus anderen Regionen des C.N.S. hinzutreten (einfache Willkürbewegungen wie auch sensible Reize können z.B. den Tremor erheblich verändern), und dass bei menschlichen Bewegungen die Trägheits- und Elastizitätskräfte eine grossere Rolle spielen als bei den Schwingungen von Fischflossen. Doch hat J u n g in jedem Falle von Parkinson-tremor periodische Veränderungen gefunden, die auf relative Koordination hindeuten.
- 3.) Die Dominanz kann spontan von einem Rhythmus auf den anderen Rhythmus übergehen.
- 4.) Die gegenseitige Anpassung der Rhythmen kann - jedoch nur für sehr kurze Zeit - bis zu absoluter Koordination führen.
- 5.) Die angestrebte Phasenbeziehung kann sowohl synergistisch wie antagonistisch sein.
- 6.) Zwischen verschiedenen Gelenken einer Extremität herrscht meist absolute Koordination, wie sich auch verschiedene Strahlen einer Fischflosse in strenger absoluter Koordination bewegen.
- 7.) Phase und Gegenphase einer Schwingung zeigen bei Auswertung nach der Holst'schen Methode der fortlaufenden Zeit- und Geschwindigkeitsaufzeichnung verschiedenartige, oft sogar entgegengesetzt-reziproke Schwankungen, wie sie v. H o l s t gefunden hat. Doch auch beim Fisch werden Phase und Gegenphase vermutlich von verschiedenen Teilen eines Automatismus gesteuert.

Nach J u n g (1939, 1941², 1953) und H u g g e r (1941) sind auch in den rhythmischen Erregungsvorgängen der Hirnrinde, deren registrierbarer Ausdruck das Elektrencephalogramm ist, die durch v. H o l s t am Fischrückenmark gefundenen Faktoren der relativen Koordination zu erkennen. Der Nachweis von Magnet-Effekt und Superposition ist durch das Hineinspielen des Fokuswechsels und der physikalischen Streuung erschwert. J u n g fasst das An- und Abschwellen des α -Rhythmus in einzelnen Perioden und das gelegentlich zu beobachtende Alternieren grosser Amplituden zwischen links und rechts als Äusserung zentraler Überlagerung (zum Teil mit noch unbekannten anderen zentralnervösen Rhythmen) auf. Die Annahme des Magnet-Effekts wird statistisch begründet. Bei Auszählung der verschiedenen Phasenrelationen findet man z.B. beim gesunden Menschen zwischen beiden Occipitalregionen im allgemeinen ein eindeutiges Überwiegen der gleichen Phasenrichtung beiderseits mit 70-80% gegenüber allen anderen möglichen Phasenbeziehungen. Nach J u n g beherrschen die drei Koordinationsmechanismen: Superposition, Magnet-Effekt und Fokuswechsel in enger Wechselwirkung die rhythmische Aktivität des ganzen Zentralnervensystems. Es wird aber nicht bewiesen.

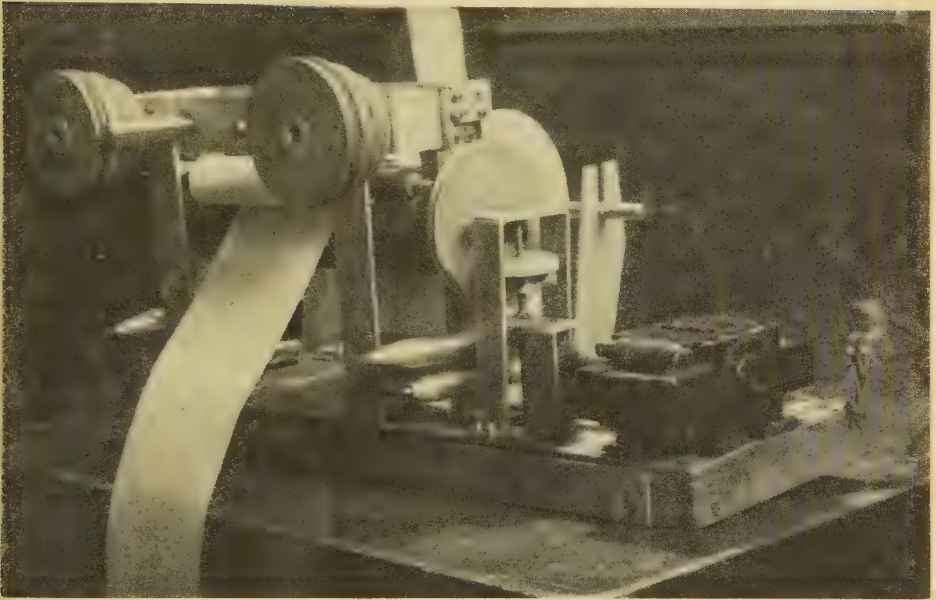
Die Tendenz eines automatischen Zentrums, ein anderes in seinen Rhythmus "einzufangen", konnte P e i p e r (1938) auch beim gesunden Säugling feststellen. Nach Beginn des Saugaktes kommt es zu einem Kampf zwischen Atemzentrum und dem schnelleren Saugzentrum, bis schliesslich das stammesgeschichtlich ältere Atemzentrum gezwungen wird, sich dem jüngeren Saugzentrum in der Frequenz anzuschliessen. Doch kommt es während des Kampfes nicht zu den Periodenformen, die für Magnet-Effekt und Superposition charakteristisch sind. - Auch zwischen Singultus- und Atemzentrum bestehen nach P e i p e r Assoziationen, die dazu führen können, dass der Singultus regelmässig in der Atempause nach einer wechselnden Zahl voller Atemzüge auftritt, und der neue Atemzug erst wieder nach Beendigung des Singultus beginnt. Aber auch hier fehlen die für Magnet-Effekt und Superposition bezeichnenden Periodenformen.

Mit psychologischen Fragestellungen wurden asymmetrische simultane Bewegungsabläufe in gleicher und verschiedener Frequenz von P o t t (1949) untersucht. P o t t stellte 20 Versuchspersonen bekannte Scherzaufgaben, in denen verschiedenartige, einfache Bewegungsformen - Kreis und Gerade - oder Greifbewegungen in unterschiedlicher Richtung gleichzeitig durch zwei Glieder ausgeführt werden sollten. In den von der Vorschrift abweichenden Bewegungsformen sah er "das Durchschlagen natürlicher, unserer Natur entsprechender Bewegungsformen" (S.124) und leitete von jenen drei allgemeine "Grundkräfte menschlicher Bewegungsstruktur mit besonderer Gestalttendenz" ab: den Formfaktor, den Richtungsfaktor und den rhythmischen Faktor.

- 1.) "Werden von zwei symmetrisch angeordneten Gliedern gleichzeitige Bewegungen verschiedener Form vollzogen, so suchen sie sich formmässig so anzugleichen, dass ein einheitliches, symmetrisch geordnetes Gesamtbewegungsbild entsteht" (S.134).
- 2.) "Beim Ablauf b i l l a t e r a l e r gleichzeitiger Bewegungseinheiten ist die Bewegungsrichtung gleichläufig bei rein senkrechtem Bewegungszueinander (senkrechte Strichbewegung) und bei senkrechten Bewegungsformen, die eine nach vorn gerichtete waagrechte Abweichung enthalten, gegenläufig bei waagrechtem Bewegungszueinander mit "Links-rechts-Abweichung" und bei senkrechten Bewegungsformen, die eine von links nach rechts gerichtete waagrechte Abweichung enthalten. - Beim Ablauf u n i l a t e r a l e r gleichzeitiger Bewegungseinheiten ist die Bewegungsrichtung gleichläufig bei allen senkrechten Bewegungsformen, die eine nach vorn oder von links nach rechts gerichtete waagrechte Abweichung aufweisen" (S.166/167).
- 3.) "Bei gleichzeitigen Bewegungsabläufen zweier Glieder ist das ursprüngliche der menschlichen Bewegungsstruktur entsprechende rhythmische Verhältnis die Taktgleichheit beider Bewegungseinheiten" (S.176).

III. Die Methodik und ihre Grenzen

a) Die Versuchsanordnung.



Das Registriergerät.

Bei dem Apparat, der zur graphischen Registrierung der simultanen Gliedbewegungen konstruiert und verwandt wurde, erfolgte die Übertragung der Bewegung von der Extremität über einen Faden zu einem Übersetzungsrädchen mit dreifacher Übersetzungsmöglichkeit; die Achse dieses Rädchens war durch eine Schnur mit einem Tintenschreiber verbunden. Der Tintenschreiber, den eine Spirale in die Ausgangsstellung zurückzuziehen suchte, schrieb auf rauhem Papier, das eine elektrisch getriebene Holzwalze zum Ablaufen brachte. Auf eine Linearisierung der leicht gebogenen Extremitätenbewegung wurde verzichtet, waren ja die geringfügigen Verzerrungen bei Bewegungen unter 80° für diese

Untersuchung unbedeutend. Der Spiralenzug war von der Grösse, dass die Tintenschreiber in die Seitenstellung bewegt wurden, wenn Gewichte von 70 gr an die Fäden gehängt wurden. Ihm wirkte ein etwa gleich starker Spiralenzug von der Extremität in entgegengesetzter Richtung gehend entgegen.

Während des Schwingens der Unterarme und Hände lagen die Versuchspersonen bequem auf einer Matratze, die Oberarme leicht am Oberkörper angelehnt. Die Unterarme standen in der Ausgangs- und Mittelstellung etwa im rechten Winkel dazu. - Beim Bewegen des Oberarms sassen die Versuchspersonen auf einem Hocker, an den ein breites Holzkreuz zur festen Anlehnung des Oberkörpers - vor allem der Schultern - befestigt war. Die Unterarme wurden dabei locker in einem Winkel von etwa 80° an die Oberarme gebunden oder von selbst etwa in dieser Stellung gehalten. - Während der Bewegungen der Unterschenkel sassen die Versuchspersonen auf einem Tischchen. Ein sehr weitgehend passives Pendelnlassen der Unterschenkel wurde durch zwei Paare von Spiralzügen, in die die Unterschenkel eingespannt wurden, verhindert.

Es wurden folgende Aufgaben gestellt:

Aufgabe 1: Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen zweier Glieder in angenehmster Frequenz (absolute Koordination).

Aufgabe 2: Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen des rechten Gliedes in angenehmster Frequenz.

Aufgabe 3: Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen des linken Gliedes in angenehmster Frequenz.

Durch diese Aufgaben wurden die Versuchspersonen an den Apparat gewöhnt, und die Bewegungsformen bei absoluter Koordination konnten mit denen bei relativer Koordination verglichen werden.

Aufgabe 4: Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen zweier Glieder, bei denen ein Glied dem anderen um eine Viertelphase voraus sein sollte.

Aufgabe 5: Fortlaufende Hin- und Herbewegungen eines Unterarmes oder Oberarmes unter möglichst häufigem, beliebigem, ungeordnetem Wechsel der Geschwindigkeit und der Amplitude.

Aufgabe 6: Aufgabe 5, aber mit beiden Unterarmen oder Oberarmen möglichst unabhängig voneinander. "Die eine Hand soll nicht wissen, was die andere tut".

Aufgabe 7: (Hauptaufgabe): Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen zweier Glieder in relativer Koordination, bei denen der Rhythmus des rechten Gliedes eine höhere Frequenz haben sollte als der des linken Gliedes.

Je nach den Gliedern, mit denen diese Aufgabe ausgeführt wurde, werden für sie folgende Abkürzungen gebraucht (vgl. die Abkürzungen S.3):

bei symmetrisch-angeordneten Gliedern : Ur, Hr, Or, Br,

bei unsymmetrisch-angeordneten Gliedern : (rULH)r, (rHLU)r,
(rULB)r, (rBLU)r.

Aufgabe 7a): Der Frequenz-Unterschied sollte sehr gross sein (5:1 - 15:1), und die Amplituden konnten, aber brauchten nicht gleich zu sein (Abkürzung: gr.Fr.-U.).

Aufgabe 7b): Der Frequenz-Unterschied sollte gegenüber 7a vermindert werden (1,5:1 - 4:1) (Abkürzung: kl.Fr.-U.).

Aufgabe 7c): Die Amplituden sollten rechts (r) und links (l) etwa gleich gross werden (Abkürzung: gl.h.).

Aufgabe 7a_I, b_I wie 7a, b, jedoch wurde ein gelockterter Arm von dem Versuchsleiter passiv hin- und herbewegt.

Aufgabe 7a_{II}, b_{II} wie 7a, b, jedoch sollten von den Armen statt Hin- und Herbewegungen einseitig oder beidseitig horizontal kreisende Bewegungen ausgeführt werden.

Aufgabe 7d): Ein genau bestimmter Frequenz-Unterschied sollte eingehalten werden (3:1 - 2:1, - 3:2).

Aufgabe 7e): Wie 7a, b, aber mit bewusster Lenkung der Aufmerksamkeit (Lösen von Rechenaufgaben, lautes Lesen eines vorgehaltenen Textes, Konzentration abwechselnd auf das rechte Glied oder das linke Glied, ungebundenes Laufenlassen der Phantasie etc.).

Aufgabe 7f): Wie 7a, b, jedoch wurde die Wahl der Amplituden nicht den Versuchspersonen überlassen, sondern es wurde gefordert, die Bewegungen in höhere oder niedere Geschwindigkeiten zu transponieren.

Aufgabe 8 : (Hauptaufgabe): Wie 7a, b, c, d, e, doch sollte statt des rechten Gliedes das linke Glied mit höherer Frequenz bewegt werden (Abkürzungen: Ul, Hl, Ol, Bl, (rUlH)l, (rHlU)l, (rUlB)l, (rBlU)r).

Bei den Aufgaben 7 und 8 wurde hin und wieder ein Glied vom Versuchsleiter angehalten, während sich das andere - davon möglichst unbeeinflusst - weiterbewegen sollte.

Aufgabe 9 : Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen eines Unterarmes, während der stillstehende andere Unterarm in höherer Frequenz rhythmisch versteift werden sollte.

Aufgabe 10 : Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen beider Unterarme im Verhältnis 1:1, bei denen ein Glied im Laufe einer oder beider Phasen ganz kurz angehalten werden sollte.

Aufgabe 11 : Gleichmässige fliessende Hin- und Herbewegungen beider Unterarme, bei denen die Frequenz des rechten etwa konstant bleiben und die des anderen allmählich erhöht werden sollte.

Aufgabe 12 : Gleichmässige Hin- und Herbewegungen eines Unterschenkels, während der andere Unterschenkel vom Versuchsleiter zu Patellarsehnenreflexen gereizt wurde.

Die Glieder wurden in folgender Reihenfolge untersucht: Unterarme in Längsrichtung, Unterarme in Querrichtung (Bewegung durch das Oberarmgelenk, Abkürzung: Uq.), Oberarme, Hände, rechte Hand gemeinsam mit linken Unterarm, rechter Unterarm mit linker Hand, Unterschenkel, ein Unterschenkel und ein Unterarm. - Zur Erkenntnis der Mitübung wurden bei einigen Versuchspersonen die Bewegungen der Oberarme kurz vor und eingehend nach der Übung der Unterarme (in Längsrichtung) untersucht. - Zur Erkenntnis der Bedeutung der Seitigkeit für die Grösse der Abhängigkeit wurden bei Linksern, Pseudorechtsern und einigen Rechtsern zwischen Aufgabe 7 und 8 immer wieder gewechselt.

Die Einzelheiten der Versuchsanordnung wurden durch Befunde der ausführlichen Vorversuche bestimmt.

- 1.) Die Abhängigkeit zwischen den Bewegungen zweier Glieder kann stark dadurch beeinflusst werden, ob die Versuchsperson die gestellten Aufgaben gelockert, frei und interessiert zu lösen sucht oder nicht. Es musste also so weit wie möglich alles vermieden werden, was Zwang, Hemmungen, Verkrampfungen oder Unlust hätte hervorrufen können. Aus diesem Grunde wurden z.B. die Anweisungen für die Aufgaben nicht genau in Worten fixiert, sondern jeweils auf die Versuchsperson abgestimmt. Es musste z.B. Versuchspersonen mit etwas labilem Selbstbewusstsein zu Beginn gesagt werden, dass sie nicht erstaunt sein sollten, wenn sie bei den Versuchen erführen, dass ihnen die Unterarme nicht gehorchten, - und dass der Grad der Abhängigkeit in den Bewegungen kein Massstab für Willensstärke oder Intelligenz sei. Oder es musste z.B. Versuchspersonen, denen naturwissenschaftliche Forschungsweise unbekannt war, kurz allgemein erklärt werden, wozu solche Versuche dienen können. - Bei den Hauptaufgaben 7 und 8 lautete die übliche Anweisung zunächst nur: "Bitte, bewegen Sie ein Glied sehr viel häufiger regelmässig und fliessend hin und her als das andere". Versuchten Rechtser dann, das linke Glied in höherer Frequenz hin- und herzuschwingen als das rechte

Glied, wurde kurz darum gebeten, das rechte Glied häufiger hin- und herzubewegen, weil das leichter sei. Weitere Ratsschläge, die vom Versuchsleiter bei vergeblichem Bemühen um Verselbständigung der Bewegungen beider Seiten gegeben wurden, werden später angegeben. - Aufgabe 1, 4, 5, 7a, b, 8a, b wurden vom Versuchsleiter gewöhnlich kurz vorgemacht.

- 2.) Ermüdung kann die Abhängigkeit sehr verstärken. Es mussten bei den Versuchen also immer wieder Pausen eingelegt werden, und der Versuch musste abgebrochen werden, sobald anhaltende Ermüdung oder Unlust auftrat.
- 3.) a) Der Grad und die Weise der Abhängigkeit in den Bewegungen und damit der Übungsverlauf, b) die Ermüdbarkeit, c) die Zeit, die Versuchspersonen gerne für die Untersuchung zur Verfügung stellen, sind interindividuell sehr unterschiedlich. Deshalb wurde nicht für jede Aufgabe eine bestimmte Länge der Übungszeit festgelegt und wurden aus der oben angegebenen Reihenfolge jeweils verschiedene Aufgaben ausgelassen. Auf die meisten Nebenaufgaben wurden allgemein höchstens einige Minuten gewandt. Hauptaufgabe 7 und 8 (und zwar besonders Aufgabe 8) wurde jedoch lange geübt - je nach Abhängigkeit und verfügbarer Zeit wenige Minuten bis ca. 3 Stunden (in mehreren Sitzungen). Es wäre unsinnig gewesen, Versuchspersonen, denen Aufgabe 7 sogleich gelang, oder deren Bewegungen so stabil waren, dass zunächst keine neuen Abhängigkeitsformen zu erwarten waren, stundenlang üben zu lassen, andererseits war es wichtig zu sehen, wie sich bei Versuchspersonen mit starker Abhängigkeit in den Bewegungen die Kopplung löste und welche Bewegungsformen dabei auftraten. Keiner Versuchsperson wurden alle Aufgaben gestellt. Jedoch hatten alle Versuchspersonen die Aufgaben 1, 2, 7, 8 bei in der Regel mehreren Gliederpaaren versucht auszuführen.
- 4.) Von eidetisch besonders gut veranlagten Versuchspersonen abgesehen, wird die relative Koordination nicht deutlich sichtbar davon beeinflusst, ob die Versuchsperson die Augen geschlossen hält oder nicht, und die Mehrzahl der Versuchs-

personen sieht, um sich gut konzentrieren zu können, von selbst nicht auf die Bewegungen, sondern an die Zimmerdecke oder in eine Ecke, - empfindet es aber als Zwang, die Augen geschlossen halten zu müssen, und öffnet sie auch dann immer wieder, wenn der Versuchsleiter oft ermahnt, die Augen zu schliessen. Deshalb wurde darauf verzichtet, dass die Augen der Versuchspersonen geschlossen waren.

- 5.) Bei Aufgabe 7 und 8 haben Versuchspersonen häufig die Tendenz, ihre Glieder weiter als ca. 90° zu bewegen. Da der Apparat aber nicht die annähernd genaue Registrierung von beliebig grossen Bewegungen ermöglichte, mussten die Bewegungen durch Ermahnung und, wenn das nicht genügte, durch einen Anschlag in ihrer Amplitude beschränkt werden.

In den Vorversuchen wurden 46 Personen und in den Hauptversuchen 88 Personen untersucht.

Geschlecht: 84 männliche Versuchspersonen,
50 weibliche Versuchspersonen.

Alter : 16 Versuchspersonen zwischen 8 und 14 Jahren,
91 Versuchspersonen zwischen 19 und 30 Jahren,
22 Versuchspersonen zwischen 30 und 60 Jahren,
5 Versuchspersonen zwischen 65 und 75 Jahren.

Seitigkeit: 117 Rechtser (nach eigenen Angaben und z.T. nach Augentest).
1 Beidhänder (nach eigenen Angaben).
7 Pseudorechtser (nach Augen- und Venentest, ausgeführt durch J. Strangmann).
9 Linkser (nach eigenen Angaben), darunter ein Zwangslinkser.

Beruf : 17 Schüler,
95 Geistesarbeiter (meist Studenten),
22 Versuchspersonen, die in praktischer Tätigkeit standen.
3 einseitig armamputierte Versuchspersonen,
2 einseitig beinamputierte Versuchspersonen,
1 doppelseitig beinamputierte Versuchsperson,
4 Paare eineiige Zwillinge (nach Angabe des ärztlichen Geburtshelfers),
10 neurologisch kranke Versuchspersonen.

Die zwei wichtigsten Mängel der Untersuchungsmethode scheinen mir darin zu liegen, dass die geforderten Leistungen ein-er-seits zu komplex, andererseits zu isoliert waren. Der Faktoren-filz, der den Bewegungen zugrunde liegt, wurde durch diese Aufgaben nicht entscheidend gelockert: die Versuchspersonen mit ihren sehr unterschiedlichen psychischen Konstitutionen bemühten sich auf verschiedene Weise, die Aufgabe auszuführen, und es war schwierig oder unmöglich, auf Grund der Äusserungen der Versuchspersonen und der Beobachtungen des Versuchsleiters zu klären, worin die Unterschiede lagen (vgl.S.102f). Trotz der zu grossen Komplexheit handelt es sich bei rhythmischen Hin- und Herbewegungen nur zweier Glieder in verschiedener Frequenz aber doch noch - wenn auch nicht in dem Masse wie bei den Reflexuntersuchungen - um künstlich isolierte Bewegungsabläufe. Das zeigte sich u.a. (s.S.90) darin, dass einige Versuchspersonen bei den Untersuchungen der Unterarme immer wieder dazu neigten, gleichzeitig die Oberarme stark zu bewegen, und dass bei diesen kopfwärts kreisenden Bewegungen, die an das Springen oder Laufen von Vierfüssern erinnerten, die Abhängigkeit der Rhythmen voneinander geringer war als bei den geforderten Bewegungen.

b) Das Auswertungsverfahren.

Während bei Aufgabe 1 (absolute Koordination) die Versuchspersonen ihre Glieder in der Regel ziemlich ebenmässig - etwa sinusförmig - bewegten, zeigten die Kurven der Hauptaufgaben 7 und 8 (relative Koordination) eine solche Mannigfaltigkeit und oft Wirrheit der Bewegungsformen, dass es mir zuerst fast unmöglich erschien, über sie einen Überblick geben zu können, ohne ihre Genese zu kennen. Doch bei gründlicher Durchsicht wurde deutlich, dass viele Abhängigkeitsformen mit mehr oder weniger geringer Variabilität bei verschiedenen Versuchspersonen und bei verschiedenen Gliedern wiederkehrten und periodisch auftraten, und dass die sich wiederholenden Abweichungen von der normalen, etwa sinusförmigen Gestalt häufig in bestimmten Phasenbeziehungen zum anderen Rhythmus standen.

Bei diesen wiederkehrenden Bewegungsformen wurde nun von den variablen variierenden Merkmalen abstrahiert. Dadurch wurden Grundformen gewonnen, in die fast alle vorkommenden Bewegungsformen eingeordnet werden konnten. Jede Bewegung, die zu einer Grundform gerechnet wurde, musste die für diese charakteristischen Merkmale zeigen, brauchte aber nicht nur diese spezifischen Abweichungen von der unabhängigen, etwa sinusförmigen Gestalt zu haben, sondern konnte mehreren Grundformen zugleich zugehören oder auf noch beliebige andere Art deformiert sein. Alle Grundformen wurden auch annähernd rein verwirklicht. Die meisten Grundformen traten, wenn auch z.T. in seltenen Fällen, so markant hervor, dass sie sich wie von selbst anboten. Doch da die Grenzen zwischen ihnen fließend sein können, war es meinem subjektiven Ermessen überlassen, wie weit der Bereich einer Grundform gezogen wurde, und wie viele Grundformen anzunehmen waren. Bei den Entscheidungen darüber war nicht eine Theorie massgebend sondern die empirischen Gegebenheiten: zunächst die blosse Form und dann die Weise des Vorkommens. Ähnliche Formen, die häufig gemischt oder nacheinander vorkamen oder sehr selten waren, wurden in eine Grundform zusammengefasst im Gegensatz zu solchen, die meist nicht benachbart oder sehr häufig auftraten. - Leider waren die psychischen Haltungen und Verfassungen, die bei den Versuchspersonen während der Bewegungen zu beobachten waren, bei Vorkommen ein und derselben Grundform so verschiedenartig und so schwierig zu differenzieren, dass sie bei der Aufstellung der Grundformen nicht bestimmend sein konnten. Doch für alle Abweichungen von der normalen, etwa sinusförmigen Bewegungsgestalt, die durch die Grundformen geordnet werden sollen, gilt, dass sie in den Versuchen

- 1.) entgegen der Absicht der Versuchsperson und häufig ohne deren Wissen entstanden,
- 2.) dass sie in der Regel sofort verschwanden, wenn der andere Rhythmus angehalten wurde (Ausnahmen werden besprochen),
- 3.) dass nur die grosse Linie der Bewegungen verglichen werden konnte, da Zitterbewegungen und ähnliche geringfügige Geschwindigkeitsänderungen bei der Registrierung verschluckt wurden und ihre Betrachtung für diese Untersuchung zu weit geführt hätte.

Um nicht nur einen Überblick darüber zu geben, welche Grundformen vorkamen, sondern auch wann, wo und wie oft sie auftraten, wurden bei zwölf beliebig und drei absichtlich herausgegriffenen Kurven die Bewegungen von Aufgabe 1, 7 und 8 protokollartig ausgewertet. (Mit Absicht waren Kurven von drei beinamputierten Versuchspersonen (Vpn.Kr., Brei., Ko) gewählt worden). In diesen Auswertungen sind auch Frequenzverhältnisse, Periodenlängen, Dominanz, Koaktionslagen fortlaufend angegeben und die Personalien und z.T. kurze Charakteristiken der 15 Versuchspersonen (P.-Versuchspersonen) zu finden.

Der Erkenntniswert der Grundformen ist, wie auf der Hand liegt, begrenzt: unter denselben Formen können heterogene Faktoren verborgen sein und derselbe Koordinationsmechanismus kann verschiedene Bewegungsgestalten bewirken.

IV. Darstellung und Diskussion der Befunde.

a) Die Grundformen.

Da die Grundformen nicht nach einem Grundprinzip aufgestellt wurden, lassen sie sich nicht voneinander ableiten, sondern stehen nebeneinander. Zur Übersichtlichkeit wurden sie jedoch nach verschiedenartigen äusseren Gesichtspunkten in Gruppen zusammengefasst, über die folgende Zusammenstellung einen Überblick geben soll.

A. Grundformen des k.Rhythmus.

- I. Die normale, unabhängige, etwa sinusförmige Bewegungsgestalt.
- II. Grundformen, bei denen Amplituden von Ko-Schwingungen vergrössert und Amplituden von Dis-Schwingungen verkleinert werden.
 - 1) Alle Halbschwingungen des k.Rhythmus werden in ihrer Amplitude vergrössert oder verkleinert.
 - 2) Einzelne Halb- oder Vollschrwingungen werden in ihrer Amplitude vergrössert oder verkleinert.
 - a) Die veränderte Phase oder Schwingung des k.Rhythmus liegt zeitlich meist unmittelbar nach oder kurz vor einem Umkehrpunkt des g.Rhythmus (nur sehr selten in der Mitte einer Phase).
 - b) Die veränderte Schwingung fällt zeitlich gerade mit einem Richtungswechsel des g.Rhythmus zusammen.
- III. Die Amplituden und Aktionszeiten des k.Rhythmus werden anscheinend ungeordnet und ohne direkte Phasenbeziehung zum g.Rhythmus verändert.

B. Grundformen des g.Rhythmus.

- I. Die normale, unabhängige, etwa sinusförmige Bewegungsgestalt.

- II. Grundformen, bei denen während aller oder einzelner Ko-Schwingungen des k.Rhythmus beim g.Rhythmus Beschleunigung und während aller oder einzelner Dis-Schwingungen Verlangsamung oder Stillstand oder Bewegung in umgekehrter Richtung stattfindet.
- III. Grundformen, bei denen die mehrfachen Geschwindigkeitsänderungen während der Auf- und Abwärtsbewegung nicht in klarer, direkter Phasenbeziehung zum k. Rhythmus stehen.
- IV. Grundformen, bei denen der g.Rhythmus Pausen bildet.
- V. Grundformen, bei denen die sinusförmige Gesamtgestalt deformiert ist.

C. Grundformen, bei denen sich der g.Rhythmus und der k. Rhythmus meist gegenseitig beeinflussen.

- I. Grundformen, die auftreten, wenn sich die Versuchsperson vergeblich bemüht, die absolute Koordination zu überwinden.
- II. Grundformen, bei denen die Dominanz innerhalb einer Periode von einem Rhythmus auf den anderen Rhythmus übergeht, und hiermit verwandte Formen.

Im Folgenden werden nun die 53 Grundformen nacheinander in Worten charakterisiert, durch eine schematische Zeichnung illustriert und durch ein Kurvenbeispiel belegt. Als kurvenbeispiele werden nach Möglichkeit solche Fälle gewählt, die entweder im Zentrum oder an der Grenze eines Grundformenbereichs liegen. Die Kurven sind spiegelbildlich zu lesen. Die obere Kurve stellt die Bewegung des rechten, die untere des linken Gliedes dar. Eine Amplitude von 1 cm entspricht etwa einer Bewegung von 60° bei den Unterarmen, von 70° bei den Händen, von 80° bei den Oberarmen und von 30° bei den Unterschenkeln. Die Zeit ist durch eine Sekunde angegeben. - Grundformen, die mit der besprochenen Grundform verwandt zu sein scheinen, d.i. zu denen die Grenzen fließend sind oder die mit jener besonders häufig benachbart oder kombiniert vorkommen, sind mit ~ bezeichnet jeweils angegeben. - F bedeutet, dass die Grundform auch bei den Kurven von Medulla-Fischen gefunden wurde, - M das Gegenteil.

IV. Darstellung und Diskussion der Befunde.

a) Die Grundformen.

Da die Grundformen nicht nach einem Grundprinzip aufgestellt wurden, lassen sie sich nicht voneinander ableiten, sondern stehen nebeneinander. Zur Übersichtlichkeit wurden sie jedoch nach verschiedenartigen äusseren Gesichtspunkten in Gruppen zusammengefasst, über die folgende Zusammenstellung einen Überblick geben soll.

A. Grundformen des k.Rhythmus.

- I. Die normale, unabhängige, etwa sinusförmige Bewegungsgestalt.
- II. Grundformen, bei denen Amplituden von Ko-Schwingungen vergrössert und Amplituden von Dis-Schwingungen verkleinert werden.
 - 1) Alle Halbschwingungen des k.Rhythmus werden in ihrer Amplitude vergrössert oder verkleinert.
 - 2) Einzelne Halb- oder Vollschrwingungen werden in ihrer Amplitude vergrössert oder verkleinert.
 - a) Die veränderte Phase oder Schwingung des k.Rhythmus liegt zeitlich meist unmittelbar nach oder kurz vor einem Umkehrpunkt des g.Rhythmus (nur sehr selten in der Mitte einer Phase).
 - b) Die veränderte Schwingung fällt zeitlich gerade mit einem Richtungswechsel des g.Rhythmus zusammen.
- III. Die Amplituden und Aktionszeiten des k.Rhythmus werden anscheinend ungeordnet und ohne direkte Phasenbeziehung zum g.Rhythmus verändert.

B. Grundformen des g.Rhythmus.

- I. Die normale, unabhängige, etwa sinusförmige Bewegungsgestalt.

- II. Grundformen, bei denen während aller oder einzelner Ko-Schwingungen des k.Rhythmus beim g.Rhythmus Beschleunigung und während aller oder einzelner Dis-Schwingungen Verlangsamung oder Stillstand oder Bewegung in umgekehrter Richtung stattfindet.
- III. Grundformen, bei denen die mehrfachen Geschwindigkeitsänderungen während der Auf- und Abwärtsbewegung nicht in klarer, direkter Phasenbeziehung zum k. Rhythmus stehen.
- IV. Grundformen, bei denen der g.Rhythmus Pausen bildet.
- V. Grundformen, bei denen die sinusförmige Gesamtgestalt deformiert ist.

C. Grundformen, bei denen sich der g.Rhythmus und der k. Rhythmus meist gegenseitig beeinflussen.

- I. Grundformen, die auftreten, wenn sich die Versuchsperson vergeblich bemüht, die absolute Koordination zu überwinden.
- II. Grundformen, bei denen die Dominanz innerhalb einer Periode von einem Rhythmus auf den anderen Rhythmus übergeht, und hiermit verwandte Formen.

Im Folgenden werden nun die 53 Grundformen nacheinander in Worten charakterisiert, durch eine schematische Zeichnung illustriert und durch ein Kurvenbeispiel belegt. Als Kurvenbeispiele werden nach Möglichkeit solche Fälle gewählt, die entweder im Zentrum oder an der Grenze eines Grundformenbereichs liegen. Die Kurven sind spiegelbildlich zu lesen. Die obere Kurve stellt die Bewegung des rechten, die untere des linken Gliedes dar. Eine Amplitude von 1 cm entspricht etwa einer Bewegung von 60° bei den Unterarmen, von 70° bei den Händen, von 80° bei den Oberarmen und von 30° bei den Unterschenkeln. Die Zeit ist durch eine Sekunde angegeben. - Grundformen, die mit der besprochenen Grundform verwandt zu sein scheinen, d.i. zu denen die Grenzen fließend sind oder die mit jener besonders häufig benachbart oder kombiniert vorkommen, sind mit ~ bezeichnet jeweils angegeben. - F bedeutet, dass die Grundform auch bei den Kurven von Medulla-Fischen gefunden wurde, - M das Gegenteil.

Die Tabellen 1-35 sollen einen groben Überblick über das Vorkommen einer Grundform in den Versuchen der 15 Versuchspersonen, deren Kurven protokollartig ausgewertet wurden (Abkürzung: P.-Versuchspersonen bzw. P.-Versuche), geben.

In den Tabellen werden drei Stabilitäts- oder Häufigkeitsgrade unterschieden:

- A = die Grundform trat innerhalb einer Übungsminute wenigstens fünfmal hintereinander periodisch auf.
- B = die Grundform trat innerhalb einer Übungsminute zwar immer wieder, aber weniger als fünfmal hintereinander periodisch auf.
- C = die Grundform trat selten auf, aber kam innerhalb einer Übungsminute mehr als einmal prägnant vor.
- o = die Grundform wurde nicht beobachtet oder nur vereinzelt und nicht prägnant oder nur etwa ein- bis zweimal innerhalb einer Übungsminute prägnant.

In den Tabellen wird nur der höchste Häufigkeitsgrad, der in einem Einzelversuch vorkam, angegeben. - Die Prozentzahlen $\frac{r}{m}$ ergeben sich bei den Grundformen dadurch, dass das Verhältnis von der Anzahl der Einzelversuche, in denen ein bestimmter Häufigkeitsgrad vorkam, zu der Gesamtzahl der Einzelversuche (106) gebildet wird. - Die Koaktionslagen werden wie folgt bezeichnet:

- + = antagonistische Koaktionslage.
- = = synergistische Koaktionslage.
- ($\pm$) = gleichzeitig antagonistische und synergistische Koaktionslage (s.S.78). Das obere Zeichen gilt für den rechten Rhythmus, das untere für den linken Rhythmus.

/(in
Text)
/(in = eine um mehr oder weniger als eine halbe Schwingung
den verschobene Koaktionslage.
Tabel-
len)

Die Prozentzahlen $\frac{r}{m}$ ergeben sich bei den Koaktionslagen dadurch, dass das Verhältnis von der Anzahl der Einzelversuche, in denen die bestimmte Koaktionslage vorkam, zu der Anzahl der Einzelversuche, in denen die besprochene Grundform vorkam, oder bei Tabelle 37 zu der Gesamtzahl der Einzelversuche gebildet wird.

In den schematischen Zeichnungen sind die Grundformen - spiegelbildlich wie die Kurven - in antagonistischer Koaktionslage gezeichnet. Doch kamen die meisten Grundformen, die auf eine bestimmte Phasenbeziehung gerichtet sind, auch in synergistischer Koaktionslage vor.

Die Abkürzungen für die verschiedenen Aufgaben s.S.3 und 10 ff.

Unsichere Fälle werden in den Tabellen mit einem Fragezeichen, Zwischenformen mit einem Querstrich (z.B. B) versehen und mit halbem Wert berechnet.

Für die Dominanz sind folgende Abkürzungen gewählt:

- I = das rechte k.Glied dominiert über das linke g.Glied während mindestens 3 Perioden.
- II = das linke k.Glied dominiert über das rechte g.Glied während mindestens 3 Perioden.
- III = das rechte g.Glied dominiert über das linke k.Glied während mindestens 3 Perioden.
- IV = das linke g.Glied dominiert über das rechte k.Glied während mindestens 3 Perioden.
- = es lässt sich nicht entscheiden, welches Glied dominiert.

Sehr unsichere Fälle werden mit einem Fragezeichen versehen und gesondert gezählt. - Die $\frac{r}{m}$ Prozentzahlen ergeben sich entsprechend den $\frac{r}{m}$ Werten der Koaktionslagen.

A: Grundformen des k. Rhythmus

A_I: Grundform 1.



Abb. 1: Schematische Zeichnung von Gf. 1 und Gf. 15



Abb. 2: Kurvenbeispiel von den Gfn. 1 und 15 bei Aufgabe Ul.

Die Schwingungen des k.Rhythmus haben etwa die unabhängige, normale Gestalt und schwanken innerhalb einer Periode nicht erheblich in Frequenz und Amplitude.

F Gf. 1 ~ Gfn. 2, 14.

Vorkommen von Grundform 1 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 1

$\frac{r}{m} A = 33\%$, $\frac{r}{m} B = 25\%$, $\frac{r}{m} C = 4\%$, $\frac{r}{m} o = 36\%$.

A_{II}: Grundform 2.



Abb. 3: Schematische Zeichnung von Gf. 2a

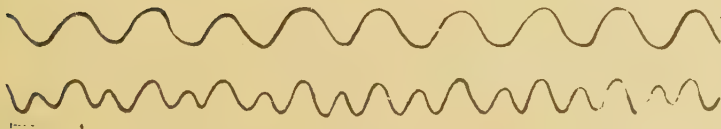


Abb. 4: Grundform 2a bei Aufgabe Ul

Tabelle 1

Vorkommen von Grundform 1 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Bo	Bo	Fr	Bä	Ku
Ur	B	A	B	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A
Ul	o	A	A	o	o	B	o	A	o	o	o	C	o	A	A
Uqr						A						B			B
Uql						B						C			B
Hr				A	o			o		A			A		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				A				B		A			A		
(rH lU)l										A			o		
(rU lH)r				o						A			o		
(rU lH)l										o					
Or		A		o	o	B	A	B	C	o	B	o	o	o	B
Ol		o		o	B	o	B	B		B	o	B	o	o	B
Br	A	A	B		o	A			o	B		A	A	A	A
Bl	o	o	o		B	B				A		B	B	A	o
(rB lU)r									A						
(rB lU)l									A						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

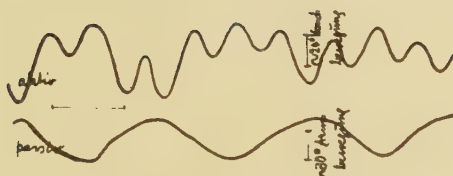


Abb. 5: Grundform 2a bei Aufgabe (rHlU)r. Der linke Unterarm wird vom Versuchsleiter hin- und hergeführt.



Abb. 6: Gf. 2b im Übergang zu 2a bei Aufgabe Or.

Vorkommen in den 15.P.-Versuchen: Tab. 2

Grundform 2a: Alle Ko-Schwingungen sind in ihrer Geschwindigkeit und Amplitude vergrößert und alle Dis-Schwingungen verkleinert, - und zwar etwa in dem Masse, als hätte sich der g.Rhythmus mit verkleinerter oder gleicher Amplitude dem abhängigen k. Rhythmus überlagert. Die Periodenbilder gleichen also etwa den in der Physik bekannten Interferenzen von Schwingungen mit verschiedener Frequenz, wenn auch jene selbstverständlich Genauigkeit vermissen lassen. Häufig sind die Aktionszeiten der Ko-Schwingungen stärker verlängert und die Aktionszeiten der Dis-Schwingungen mehr verkürzt als es einer einfachen Überlagerung entsprechen würde.

F

Grundform 2b: wie 2a, jedoch bleibt der k.Rhythmus in den Zeiten der Dis-Schwingungen stehen.

M

Je nach der Stärke der Überlagerungserscheinungen wird bei 2a und b unterschieden:

T a b e l l e 2

Vorkommen von Grundform 2 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Po	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	A +	A +	B +=	A /?=	o	B +	A +	A =	A +	A =	A +	A =	A +=
Ul	A /+	B +	A +	B +	A /+	A +	o	A =	o	B =	A /+	A =	A +	o	A +
Uqr						A +						o			B +
Uql						o						A +			B +
Hr				o	A +			B +		B =			o		
Hl				C +	B +			B =		A =			A +		
(rH lU)r				A =				A =		o			o		
(rH lU)l										B +			A +		
(rU lH)r				A +						o			B +		
(rU lH)l										o					
Or		o		A /+	A +	o	o	A +=	A +	A +	A +	A =	A +	A +=	B +
Ol		o		A +	A +	A =	B +	A +		B +	A +	B =	A +	A +	B +
Br	A /+	A /+	o		B +	B =			o	o		o	o	B =	B =
Bl	B +	o	C =		B +	A =				A /+		A =	B +	o	A +
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										A /=					
(rU lB)l										o					

- I. der g.Rhythmus scheint dem k.Rhythmus mit mehr als etwa 75% verkleinerter Amplitude überlagert zu sein.
- II. der g.Rhythmus scheint dem k.Rhythmus mit weniger als etwa 75% verkleinerter Amplitude überlagert zu sein.
- III. der g.Rhythmus scheint dem k.Rhythmus etwa in voller Grösse überlagert zu sein.

Mehrere Versuchspersonen waren sehr erleichtert, wenn Grundform 2a auftrat und sich die Abhängigkeit in den Bewegungen vorher in anderen Grundformen (z.B. den Grundformen 14; 29; 30) geäußert hatte. "Nun geht es spielend". "Nun brauche ich mich nicht mehr zu konzentrieren." "Diese Bewegungen kommen mir verhältnismässig harmonisch vor und legen sich mir nicht auf den Magen." Mehrmals trat diese Grundform gerade dann zuerst auf, wenn die Aufmerksamkeit durch den Versuchsleiter abgelenkt wurde - durch Lesen, Rechnen oder dergleichen. - Sie kam auch dann vor, wenn das g.Glied passiv vom Versuchsleiter hin- und herbewegt wurde (Abb. 5)¹⁾. - Grundform 2a lässt sich leicht willkürlich nachahmen, Grundform 2b ausserordentlich schwer, wenn der g.Rhythmus nicht gleichzeitig anhält (trotz vielfachen Probierens ist es mir noch immer nicht gelungen). Meist stand bei 2b der g.Rhythmus gleichzeitig mit dem k.Rhythmus still, aber nicht immer. - Bei zwei Versuchspersonen wurde Grundform 2a zu Grundform 2b, sobald sich die Versuchspersonen, statt zu lockern, anspannten. - Grundform 2b kam sehr selten vor.

Bei Aufgabe 10, bei der verlangt wurde, die Unterarme im Frequenz-Verhältnis 1:1 zu bewegen, aber dabei einen Unterarm im Laufe einer oder beider Phasen periodisch einmal kurz anzuhalten, liegen wohl dieselben Schwierigkeiten vor wie bei der willkürlichen Nachahmung von 2b. Aufgabe 10 gelang nur sehr wenigen Versuchspersonen, und selbst solche, die ohne Mühe ihre Unterarme in verschiedenen Frequenzen ziemlich unabhängig hin- und herbewegen konnten, hielten bei Aufgabe 10 beide Rhythmen zugleich an (s. Abb. 7), oder es erfolgte statt eines kurzen Stillstandes des einen Rhythmus eine kurze Rückwärtsbewegung, oder das Anhalten unterblieb bei beiden Rhythmen.

Anmerkung

- 1) Das steht nicht im Widerspruch zu den Befunden von v. Holst bei Fischen, nach denen passive Bewegungen von Flossen keinen Einfluss auf andere Rhythmen ausüben, denn nach W a c h o l d e r entstehen auch dann, wenn der Unterarm passiv bewegt wird, Aktionsströme in den entsprechenden Muskeln - von seltenen Fällen grosser Gelocktheit abgesehen.



Abb. 7: Aufgabe 10 ausgeführt durch die Unterarme. Sie gelang vorübergehend einer Versuchsperson mit geringer Kopplung.

Grundform 2 ist die Grundform, die neben Grundform 21 am häufigsten und stabilsten vorkam ($\frac{r}{m} A = 48\%$, $\frac{r}{m} B = 24\%$, $\frac{r}{m} C = 2\%$, $\frac{r}{m} o = 26\%$). Jede der 15 P.-Versuchspersonen bewegte sich in dieser Grundform (s.Tab.2). Bei Kindern trat, scheint mir, Grundform 2 häufiger sehr ausgeprägt auf als bei Erwachsenen. Doch ohne Auszählung eines grossen Materials lässt sich das nur unsicher beurteilen.

Meist erfolgte die Beeinflussung in antagonistischer Richtung ($\frac{r}{m} + = 67\%$), doch kam Grundform 2 auch bei synergistischer und //Koaktionslage vor ($\frac{r}{m} = = 35\%$, $\frac{r}{m} // = 14\%$). Dagegen fand Jung (1941), dass bei Zitterbewegungen Überlagerung am häufigsten gleichsinnige Aktionen begünstigt.

Grundform 2 kam mit allen Grundformen der Gruppen A und C benachbart oder kombiniert vor.

Die Ähnlichkeit der Grundform 2a mit Interferenzen von Schwingungen weist auf die Möglichkeit von Superposition hin - auf die Möglichkeit, dass sich die Elemente, die die Bewegungen in ihrer Richtung steuern, wie die Automatismen der Fische aufspalten, um teils in der Eigenfrequenz, teils - durch Magnet-Effekt "eingefangen" - in der Frequenz des dominierenden Rhythmus zu arbeiten, und dass beide zentralen Vorgänge oder ihre Wirkungen so dicht miteinander in Kontakt treten, dass die Vorderhornzellen auf beide ansprechen.

Ist es auch möglich, dass die Charakteristika der Grundform 2 a durch "reinen" Magnet-Effekt hervorgerufen werden, - d.h. dadurch, dass der abhängige zentrale Rhythmus ohne Aufspaltung attrahiert wird? Wie bereits gesagt, sind ja die Aktionszeiten der Ko-Schwingungen häufig stärker verlängert und die Aktionszeiten der Dis-Schwingungen häufig mehr verkürzt als es einer Überlagerung entsprechen würde.

Charakteristisch für die Wirksamkeit des Magnet-Effekts ist, dass der abhängige Rhythmus in der Weise beeinflusst wird, dass dadurch seine Koaktion mit dem dominierenden Rhythmus verstärkt wird. Bei den geringen Frequenzunterschieden unter $2\frac{1}{2}:1$, in denen sich die untersuchten Fische bei relativer Koordination fast immer bewegten, wird bei gleichbleibender Amplitude die Koaktionslage am wirkungsvollsten dadurch angestrebt, dass der abhängige Rhythmus verlangsamt wird, wenn er der bei absoluter Koordination eingehaltenen Phasenlage voraus ist, und dass er umgekehrt beschleunigt wird, sobald er hinter dieser ausgezeichneten Lage zurück ist. Würde bei den grossen Frequenzunterschieden (über $2:1$), in denen sich die Versuchspersonen meist bewegten, der Magnet-Effekt nach dieser Regel wirksam sein, müsste die Ko-Schwingung, die gleich nach der Umkehrung des g.Rhythmus erfolgt, verlangsamt, - die Ko-Schwingung, die etwa in der Mitte zwischen den Umkehrungen des g.Rhythmus liegt, in ihrer ersten Hälfte verlangsamt und ihrer zweiten Hälfte beschleunigt und die Ko-Schwingung, die gerade vor einer Umkehrung des g.Rhythmus verläuft, beschleunigt werden, - bei den Dis-Schwingungen müsste die Beeinflussung umgekehrt erfolgen. Bei einer Attraktion des g.Rhythmus durch den k.Rhythmus würde die Ko-Schwingung, die kurz vor der Umkehrung des g.Rhythmus liegt, Verlangsamung und die Ko-Schwingung, die kurz nach dem Richtungswechsel des g.Rhythmus erfolgt, Beschleunigung hervorrufen. Der Magnet-Effekt würde also keinerlei Koaktion bewirken, und bei den Bewegungen keiner Versuchsperson waren Periodenbilder, die dieser Weise der Beeinflussung entsprechen würden, zu finden. Daraus ergibt sich, dass, wenn der Magnet-Effekt bei Frequenzunterschieden über $2:1$ die Koordination der zwei

Rhythmen regelt, dies entweder immer durch Superposition geschieht, oder sich die Wirksamkeit des Magnet-Effektes bei Frequenzunterschieden über 2:1 in anderer Weise äussert als bei Frequenzunterschieden unter 2 1/2:1. Bei den untersuchten Fischen sind Frequenzunterschiede über 2:1 so selten, dass nur eine veröffentlichte Fischkurve die Wirkung des Magnet-Effekts bei einem Frequenzunterschied über 2:1 zeigt (Abb.8). Bei ihr nimmt die Geschwindigkeit des g.

Rhythmus - etwa im Takt des k.Rhyth-

mus pendelnd - zu und ab. Also ist

bei dieser Fischkurve für die

Richtung des Einflusses ent-

scheidend, ob die Bewegungen

in der Richtung zueinander ver-

laufen, in der sie bei absolu-

ter Ordnung erfolgen oder nicht,

während bei den geringen Fre-

quenzunterschieden der Medulla-Fische die Richtung des Einflusses davon abhängt, ob der abhängige Rhythmus der bei absoluter Ordnung eingehaltenen Phasenlage voraus oder hinter ihr zurück ist. Die Beeinflussbarkeit des abhängigen Rhythmus schlägt bei dieser Fischkurve an den Umkehrpunkten in die entgegengesetzte Richtung um, während dies bei den geringen Frequenzunterschieden der Fische in der Mitte der Phasen geschieht (v. Holst 1936² S.664). Dass sich die Richtung der Beeinflussbarkeit an den Umkehrpunkten ändert, steht damit in Einklang, dass beim Medulla-Fisch der zentrale Teilprozess, welcher die Bewegungen in einer Richtung bestimmt, von seinem Partner, der die Schwingungen in der Gegenrichtung steuert, als grundsätzlich getrennt betrachtet werden muss, und auch beim Menschen Phase und Gegenphase von verschiedenen zentralnervösen Mechanismen gelenkt zu werden scheinen (vgl.u.a. S. 56 und Jung 1941¹, Hugger 1941).

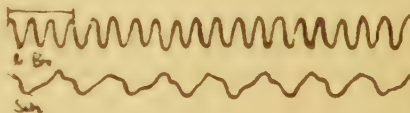


Abb.8: Flossenbewegung von Sargus (s.Text). Aus v.Holst 1939¹ (S.251)

Die besprochene Fischkurve zeigt, dass es der Wirkungsweise des Magnet-Effektes nicht widerspricht, dass bei Grundform 2a der Magnet-Effekt den abhängigen Rhythmus bei Koaktion auch dann beschleunigt, wenn dieser der bei absoluter Ordnung ein-

gehaltenen Phasenbeziehung voraus ist und ihn bei Disaktion auch dann verlangsamt, wenn er hinter dieser ausgezeichneten Phasenbeziehung zurück ist. Aber bei den Bewegungen der Medulla-Fische geht gewöhnlich mit einer Beschleunigung durch Magnet-Effekt eine entsprechende Verkürzung der Aktionszeit und mit einer Verlangsamung eine Verlängerung einher, so dass die Amplituden etwa konstant bleiben, während bei Grundform 2a die Amplituden der beschleunigten Schwingungen vergrößert und die der verlangsamteten verkleinert werden bei ziemlich gleichbleibender Frequenz. Zwar kann beim Medulla-Fisch die behindernde Wirkung des Magnet-Effekts so gross werden, dass er entgegen der Voll- oder Garnicht-Tendenz eine frühzeitige Richtungsumkehr seines Ablaufs erzwingt. Aber der umgekehrte Vorgang, dass der Magnet-Effekt statt nur zu beschleunigen, die Amplitude des abhängigen Rhythmus vergrößert, wird von v.Holst nicht erwähnt, und ausserdem sprechen die grosse Häufigkeit von Grundform 2a und die Leichtigkeit, mit der sie meist ausgeführt wird, dagegen, dass die Amplituden durch "reinen" Magnet-Effekt verändert werden.

Wird Grundform 2a isoliert betrachtet, liegt es nahe, die Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt auf "Bahnung" oder "Hemmung" zurückzuführen. Doch weisen u.a. Grundformen, die beim 2:1 Frequenzunterschied entstehen¹⁾, so stark auf die Wirksamkeit von Superposition und Magnet-Effekt, und ist die Stärke der Kopplung meist so abhängig von der Grösse des Frequenzunterschiedes, dass zu vermuten ist, dass auch Grundform 2a durch Superposition oder Magnet-Effekt oder beide zugleich hervorgerufen wird.

¹⁾ Leider fehlen die Grundformen, die bei Frequenzunterschieden unter 2:1 entstehen. Bei den wenigen Versuchspersonen, denen diese geringen Frequenzunterschiede gelangen, waren die Bewegungen so unabhängig voneinander, dass keine Periodenbilder entstanden.

A_{II,1}: Grundform 3



Abb. 9: Schematische Zeichnung von Gf. 3



Abb. 10: Gf.3 bei Aufgabe 01

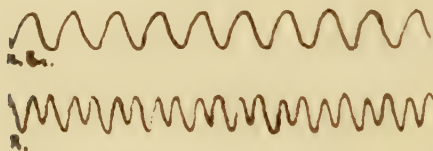


Abb. 11: Gf.3 bei Labrus
Aus v.Holst 1936 S.104

Eine Schwingung mit kleiner Amplitude und kurzer Aktionszeit wechselt mit einer grösseren Schwingung in der Frequenz des g.Rhythmus so miteinander ab, dass der Beginn der grossen Schwingung etwa mit einer Umkehrung des g.Rhythmus zeitlich zusammenfällt. Die Geschwindigkeit der kleineren Schwingung ist häufig beschleunigt. Sie kann aber auch konstant bleiben, wie es der mehrfach beobachteten Tendenz des Menschen, die Geschwindigkeiten in gleichsinnigen Phasen konstant zu halten, entspricht (vgl. S. 56).

Grundform 3 kommt auch beim Medulla-Fisch (Abb. 11) vor. Sie kann als kombinierte Wirkung von Magnet-Effekt und Superposition gedeutet werden.

F $\text{Gf. 3} \sim \text{Gfn. 2; 13; 32.}$

Vorkommen von Grundform 3 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 3.

$\frac{r}{m} A = 3\%$, $\frac{r}{m} B = 2\%$, $\frac{r}{m} C = 1 \frac{1}{2}\%$, $\frac{r}{m} o = 93\%$.

A_{II_1} : Grundform 4



Abb. 12: Schematische Zeichnung von Gf. 4

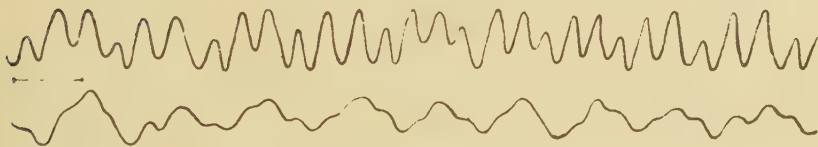


Abb. 13: Gf. 4 bei Aufgabe Ur

Die Umkehrungen werden auf einer Seite - entweder oben oder unten - so verlegt, als würde eine Überlagerung des g.Rhythmus auf den k.Rhythmus erfolgen, - während auf der anderen Seite das Glied fast wieder in die alte, ursprüngliche Stellung zurückkehrt.

M $\text{GF. 4} \sim \text{Grn. 2; 13.}$

Vorkommen von Grundform 4 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 4

$\frac{r}{m} A = 4\%$, $\frac{r}{m} B = 8\%$, $\frac{r}{m} C = 11\%$, $\frac{r}{m} o = 76\%$.

Grundform 4 ist also nicht nur viel seltener als Grundform 2, sondern auch unstabiler.

Die Koaktionslagen:

$\frac{r}{m} + = 80\%$, $\frac{r}{m} = = 20\%$, $\frac{r}{m} // = 1\%$.

T a b e l l e 3

Vorkommen von Grundform 3 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Et	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	A	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	C ?	o	o	o
Uqr						o						B			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	B	o	o	C	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	A	o		o	o	o	o	A	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

T a b e l l e 4

Vorkommen von Grundform 4 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	B /	o	B +	o	C +	C =	C +	o	o	o	o	o	C +	o	o
Ul	o	A +	o	o	C +	o	o	o	o	o	B +	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	C +			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		C +	o	o	o	o	B +	o	B +	o	o	o	o
Ol		C +		o	o	B =	o	o		o	C +	o	o	o	o
Br	o	C +	o		C +	A =			o	A +		o	o	B +=	C +
Bl	o	o	o		B +	o				A +=		o	o	o	B +
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										B =					
(rU lB)l										o					

Es schien, als neigten die Versuchspersonen, bei denen Grundform 4 auftrat, dazu, sich in ihren Freiheitsgraden zu beschränken, um feste Stützpunkte zu haben.

A_{II,1}: Grundform 5.



Abb.14: Schematische Zeichnung v. Gf. 5

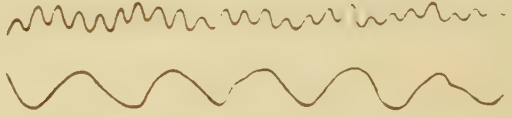


Abb.15: Gf. 2 im Übergang zu Gf. 5 bei Aufgabe Ur

Grundform 5 ist ähnlich wie Grundform 2a, jedoch hält der Kurvenanstieg beim k.Rhythmus auch nach der Umkehrung des g. Rhythmus noch an und wird erst kurz vor oder während der nächsten Umkehrung des g.Rhythmus in einer oder zwei Ko-Schwingungen ausgeglichen.

M

Gf. 5 ~ Gf. 2

Diese Grundform ist so selten, dass sie in den 15 P.-Versuchen nicht vorkam.

A_{II,1}: Grundform 6.



Abb.16: Schematische Zeichnung von Gf. 6



Abb. 17: Gf. 6 und Gf. 24 kombiniert mit Gf. 17

Bei Grundform 6 scheinen die Verhältnisse gerade umgekehrt wie bei Grundform 5 zu sein: der k.Rhythmus wird zuerst in der Ko-Schwingung von dem g.Rhythmus mitgerissen, um dann in mehreren Schwingungen allmählich in seine Ausgangsstellung zurückzukehren.

M Gf. 6 ~ Gfn. 2; 7; 9.

Vorkommen von Grundform 6 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 6

$\frac{r}{m} B = 2\%$, $\frac{r}{m} C = 3\%$, $\frac{r}{m} o = 95\%$; $\frac{r}{m} + = 75\%$, $\frac{r}{m} = = 25\%$.

$A_{II_2}^{\circ}$

Es folgen nun 7 Grundformen, bei denen der g.Rhythmus fast immer gerade unmittelbar vor oder nach oder beim Richtungswechsel - also dann, wenn seine Geschwindigkeit am geringsten ist, - den stärksten Einfluss auf den k.Rhythmus ausübt, indem Ko-Schwingungen in ihrer Amplitude vergrössert und Dis-Schwingungen verkleinert werden.

Die Grundformen der Gruppe A_{II_2} scheinen mir aus folgenden Gründen nahe verwandt zu sein und vielleicht auf ähnlichen oder denselben Mechanismen zu beruhen:

- 1.) Sie kamen häufig benachbart und in fließenden Übergängen vor.
- 2.) Sie waren häufig mit Grundform 2 kombiniert.
- 3.) Sie traten zwar alle periodisch auf, aber selten oder nicht in langen Periodenreihen.
- 4.) Von Grundform 13 abgesehen, kamen sie verhältnismässig selten in synergistischer Koaktionslage vor (s. Tab. 36).

T a b e l l e 5

Vorkommen von Grundform 6 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fe	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	C +	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	C =	o	o	o	o	o	C =	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			B +		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				B +		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

← Versuchsaufgaben

- 5.) Die Versuchspersonen schienen sich dann, wenn diese Grundformen vorkamen, meist auf die Bewegungen zu konzentrieren.
- 6.) Versuchspersonen, bei denen die Abweichungen kurz vor der Umkehrung des g.Rhythmus auftraten, machten einen besonders eifrigen, etwas unsicheren und angstgetriebenen Eindruck.
- 7.) Die Grundformen sind formal sehr ähnlich.

$A_{II_{2a}}$: Grundform 7.



Abb. 18: Schematische Zeichnung von Gf.7



Abb.19: Gf. 7v, n kombiniert mit Gf.2a bei Aufg.Ur

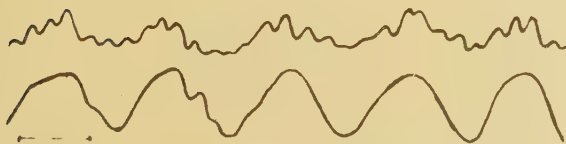


Abb.20: Gf.7n kombin.mit Gf.2a im Übergang zu
Gf.7v kombin.mit Gf.2a bei Aufgabe Ur.

Bei Grundform 7 wird die Amplitude einer Ko-Schwingung vergrößert. Meist wird die Erhöhung der Amplitude dadurch erreicht, dass die Aktionszeit verlängert und die Geschwindigkeit wenig erhöht wird oder etwa konstant bleibt.

Je nach der Lage der Abweichung wird hier wie bei den folgenden vier Grundformen unterschieden:

- n = Abweichung zeitlich gleich nach einer oder nach beiden Umkehrungen des g.Rhythmus.
- v = Abweichung zeitlich kurz vor einer oder vor beiden Umkehrungen des g.Rhythmus.
- m = Abweichung zeitlich etwa in der Mitte einer oder beider Halbschwingungen des g.Rhythmus.

Bei Grundform 7 wie bei den folgenden vier Grundformen war die n-Form häufiger als die v-Form. Die m-Form war nur sehr selten und wurde nicht periodisch beobachtet. - Abb. 20 zeigt die n- und v-Form von Grundform 7 im Übergang.

M Gfn.7 ~ Gfn.2; 6; 8; 9; 14.

Vorkommen von Grundform 7 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 6.

$\frac{r}{m} B = 4\%$, $\frac{r}{m} C = 16\%$, $\frac{r}{m} o = 78\%$; $\frac{r}{m} + = 96\%$, $\frac{r}{m} = = 4\%$.

$A_{II_{2a}}$: Grundform 8.

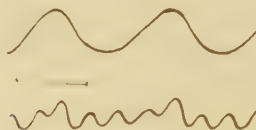


Abb.21: Schematische Zeichnung v.Gf.8 Abb.22: Gf.8v und 7n bei Aufgabe UL

Bei Grundform 8 wird eine Dis-Schwingung in ihrer Amplitude verkleinert. - (Manchmal wird auch die Amplitude der folgenden Ko-Schwingung etwas verändert.)

M Gf.8 ~ Gfn.2; 7; 11; 12.

Vorkommen von Grundform 8 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 7.

$\frac{r}{m} C = 18\%$, $\frac{r}{m} o = 81\%$; $\frac{r}{m} + = 100\%$, $\frac{r}{m} = = 5\%$.

T a b e l l e 6

Vorkommen von Grundform 7 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	C +	o	B +	o	C +	o	o
Ul	o	C +	o	o	C +	C +	o	o	o	o	B /?+	C +=	C +	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	C +			o		o			o		
Hl				o	C +			B =		o			C +		
(rH lU)r				o				B +		o			o		
(rH lU)l										o			C +		
(rU lH)r				C +						o			C +		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	C +	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		C +	o	o	o	C +		o	B +	o	o	o	o
Br	o	o	o		B +	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		B +	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

T a b e l l e 7

Vorkommen von Grundform 8 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Et	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	C +	o	o	o	o	C +	o	o	o	o	C +	o	o
Ul	o	o	C +	o	C +	o	o	o	C +	o	C +	C +	C +	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	C +			o		o			C +		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			C +		
(rU lH)r				o						o			C +		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	C +	o	C +	o	o	o	o	C +	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	C +	o	o	o	o
Br	C +	C +	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	C		o	o				o	o	o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

$A_{II_{2a}}$: Grundform 9.



Abb. 23: Schematische Zeichnung von Gf. 9



Abb. 24: Gf. 9v bei Aufgabe Ur.

Bei Grundform 9 werden die Amplitude und die Aktionszeiten einer Vollschiwingung vergrössert, so als würde der abnorme Kurvenanstieg, der bei Grundform 7 stattfindet, gleich wieder rückgängig gemacht. Die erste Phase, deren Amplitude vergrössert wird, ist immer eine Ko-Schiwingung.

M $Gf.9 \sim Gfn.2; 6; 7.$

Vorkommen von Grundform 9 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 8

$\frac{r}{m} B = 2\%$, $\frac{r}{m} C = 3\%$, $\frac{r}{m} o = 95\%$; $\frac{r}{m} + = 10\%$.

$A_{II_{2a}}$: Grundform 10.



Abb.25: Schematische Zeichnung von Gf.10

T a b e l l e 8

Vorkommen von Grundform 9 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Uch	Wo	Ru	Ba	Fe	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	U +	o	o	C +	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			B +		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				B +		o			o		
(rH lU)l										o			C +		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					



Abb.26: Gf. 10(+) und Gf.7(++) bei Aufgabe Ur

Bei Grundform 10 werden die Amplitude und meist auch die Aktionszeiten einer Vollschwingung verkleinert. Die erste Phase, deren Amplitude vermindert ist, ist immer eine Dis-Schwingung. Die Verringerung kann auch noch bei den nächsten Schwingungen bis zum folgenden Umkehrpunkt des g.Rhythmus anhalten oder bis dahin langsam nachlassen, so als würde der Rhythmus allmählich wieder erstarben.

M Gf.10 ~ Gfn. 2; 11; 12; 33.

Vorkommen von Grundform 10 in den 15 F.-Versuchen: Tab.9.

$\frac{r}{m}$ B = 5%, $\frac{r}{m}$ C = 9%, $\frac{r}{m}$ o = 85%; $\frac{r}{m}$ + = 93%, $\frac{r}{m}$ = = 7%.

$A_{II_{2a}}$: Grundform 11.



Abb.27: Schematische Zeichnung von Gf.11



Abb.28: Gf.11 im Übergang zu Gf.10 bei Aufgabe Ul

Tabelle 9

Vorkommen von Grundform 10 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fe	Eb	Fr	Pä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	B +	o	C +	o	o
Ul	o	o	o	o	B +	C +	C +	o	o	o	B +	o	C +	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			B +		o			o		
Hl				o	C +			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				C +						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		C +	o	B =	o	C +		o	B +	o	o	o	o
Br	o	o	o		C +	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	C +	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

Grundform 11 ist der Grundform 10 sehr ähnlich. Sie unterscheidet sich von dieser dadurch, dass die Amplitude so weitgehend verkleinert wird, dass das k.Glied stehen bleibt - während der Dauer einer Dis-Schwingung oder einer Volischwingung oder auch noch etwas länger.

M Gf. 11 $\sim$ Gfn. 2; 10; 12; 33.

Vorkommen von Grundform 11 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 10.

$$\frac{r}{m} B = 3\%, \quad \frac{r}{m} C = 6\%, \quad \frac{r}{m} o = 91\%; \quad \frac{r}{m} + = 100\%.$$

$A_{II_{2b}}$: Grundform 12.



Abb.29: Schematische Zeichnung von Gf.12



Abb.30: Gf.12 und Gf.13 kombiniert mit Gf.2 bei Aufgabe Ur



Abb.31: Gf.12 und Gf.13 kombiniert mit Gf.2 bei Aufgabe Ur

Die Schwingung des k.Rhythmus, die zeitlich mit einer Umkehrung des g.Rhythmus zusammenfällt, verläuft in Disaktion, und ihre Amplitude wird verkleinert - manchmal so weitgehend, dass das Glied ganz oder fast ganz stehen bleibt.

M Gf.12 $\sim$ Gfn. 2; 8; 13.

Vorkommen von Grundform 12 in den 15 P.-Versuchen: Tab.11.

$$\frac{r}{m} C = 5\%, \quad \frac{r}{m} o = 95\%; \quad \frac{r}{m} + = 100\%.$$

Tabelle 10

Vorkommen von Grundform 11 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Pa	Fe	Et	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	C +	o	B +	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	C +	o	B +	o	o	o	B +	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH 1U)r				o				o		o			o		
(rH 1U)l										o			o		
(rU 1H)r				o						o			o		
(rU 1H)l										o					
Or		o		o	o	o	o	C	o	o	o	o	o	o	o
Ol		B +		C +	o	o	C +	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		C +	o				o		o	o	o	o
(rB 1U)r									o						
(rB 1U)l									o						
(rU 1B)r										o					
(rU 1B)l										o					

T a b e l l e 11

Vorkommen von Grundform 12 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen $\longrightarrow$

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	C +	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	C +	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	C +	o	o	o	o
Br	o	o	o		C +	o			o	o		o	C +	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

A_{II}_{2b} : Grundform 13.



Abb. 32: Schematische Zeichnung von Gf.13

Kurvenbeispiele: Abb. 30, 31.

Die Schwingung des k.Rhythmus, die zeitlich mit einer Umkehrung des g.Rhythmus zusammenfällt, verläuft in Koaktion und wird in ihrer Amplitude und in ihren Aktionszeiten vergrößert.

M Gf. 13 ~ Gfn. 2; 4; 12; 29; 7; 30.

Vorkommen von Grundform 13 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 12.

$\frac{r}{m}$ A = 1%, $\frac{r}{m}$ B = 4%, $\frac{r}{m}$ C = 8%, $\frac{r}{m}$ o = 87%;

$\frac{r}{m} + = 71\%$, $\frac{r}{m} = = 29\%$.

Nach der formalen Beschreibung der Grundformen 7-13 kann auf die Frage eingegangen werden, ob es möglich ist, dass jene durch Magnet-Effekt oder Superposition hervorgerufen werden.

Bei den Grundformen der Gruppe A II werden Ko-Schwingungen in ihrer Amplitude vergrößert und Dis-Schwingungen verringert - im Unterschied zu Grundform 2a nicht während der ganzen Schwingung des g.Rhythmus, sondern nur während seiner Umkehrung. Nach den Befunden von v. H o l s t ist aber im Laufe einer Schwingung die Attraktionswirkung des Rhythmus am Umkehrpunkt am geringsten (= 0) und erst eine Viertelphase später am grössten. Dieser scheinbare Widerspruch könnte wohl damit erklärt werden, dass der Mensch dazu neigt, die Aufmerksamkeit während des Richtungswechsels besonders auf den g.Rhythmus zu richten, durch Aufmerksamkeit aber die Dominanz verstärkt werden kann (s.S. 82). Es war auffallend, dass dann, wenn die Grundformen

T a b e l l e 12

Vorkommen von Grundform 13 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

versuchsaugen
↓

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	C +	o	C +	o	o	o	C +	A =	o	B =	o	B =	o
Ul	o	C +	o	o	o	o	o	o	o	B =	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			B +		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				C =				o		o			o		
(rH lU)l										o			C +		
(rU lH)r				B +						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	B +	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		C +	o	o	o	o		o	C +	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

7-13 vorkamen, die Versuchspersonen sich meist auf die Bewegungen zu konzentrieren schienen, und die Abweichungen traten häufig nicht während beider Umkehrungen des ϵ -Rhythmus auf, sondern oft jeweils nur an der Umkehrung, an der für die Versuchsperson die Ausgangsstellung lag, die deshalb die Aufmerksamkeit besonders an sich zog und an der manchmal mit besonderem Nachdruck neu begonnen wurde.

Zur Klärung der Bedeutung der Umkehrung sollte Sonderaufgabe 7a_{II}, 8a_{II} dienen. Obgleich - nur rein technisch gedacht - die kreisenden Bewegungen sich aus Längsbewegungen der Unterarme und Querbewegungen im Oberarmselenk zusammensetzen, fielen sie den Versuchspersonen häufig erheblich leichter als Hin- und Herbewegungen der Unterarme, wie untenstehendes Beispiel zeigen soll (Abb. 33). Die Grundformen 7-13 wurden bei Aufgabe 7a_{II}, 8a_{II} nicht beobachtet, wohl aber Grundform 2a.



Abb. 33: Sobald die Unterarme kreisend (nach o) bewegt wurden, nahm die Abhängigkeit stark ab.

Obgleich es der Wirksamkeit des Magnet-Effekts wohl nicht widerspricht, dass die Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt beim k -Rhythmus gerade während der Umkehrungen des ϵ -Rhythmus auftreten, ist es sehr ungewiss, ob jene durch Magnet-Effekt hervorgerufen werden. Bei den Grundformen 7-13 geht nicht wie bei Grundform 2a mit einer Vergrößerung der Amplitude immer eine Beschleunigung und mit einer Verkürzung eine Verlangsamung einher, sondern bei einer Verlängerung der Amplitude kann die Geschwindigkeit gleich bleiben oder vermindert oder vergrößert werden. Es gibt keine veröffentlichte Fischkurve, die eine der Grundformen 7-13 zeigt. Nur dann, wenn der Begriff des Magnet-Effekts so allgemein gefasst wird, dass unter ihm die Tendenz des dominierenden Rhythmus, den abhängigen Rhythmus so zu beeinflussen, dass er mit ihm in Koaktion

verläuft, verstanden wird, entsprechen die Grundformen 7-13 der Wirkungsweise des Magnet-Effekts. - Abgesehen von Grundform 12 können die Grundformen 7-13 nicht durch Superposition hervorgerufen werden, da die Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt meist nicht die Form haben, die sich aus einer stellenweisen Überlagerung des g.Rhythmus auf den abhängigen ergeben würde. Selbst bei Grundform 7, die neben Grundform 9 am stärksten auf Superposition hinweist, ist die Vergrößerung der Ko-Schwingungen meist mehr durch eine Verlängerung der Aktionszeit als durch Beschleunigung bewirkt.

A_{III}: Grundform 14.



Abb. 34: Schematische Zeichnung von Gf.14.



Abb. 35: Gf.14 z.T.kombiniert mit Gf. 2, Gf.7- und Gf. 18 bei Aufg. U1



Abb. 36: Gf.14 z.T.kombiniert mit Gf.2 u.Gf.13 bei Aufg. U1

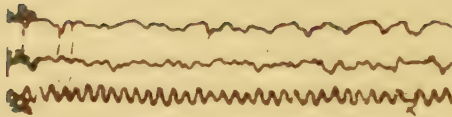


Abb. 37: Gf. 14 bei *Sargus* nach intramuskulärer Injektion von Strychnin. Aus v. Holst 1939¹ S. 242

Bei Grundform 14 werden Frequenz und Amplitude anscheinend unabhängig von der jeweils vorliegenden Phasenbeziehung zum g. Rhythmus stark variiert. Trotzdem hat die Unstabilität in Frequenz und Amplitude ihren Grund in der gleichzeitigen Ausführung eines Rhythmus mit geringerer Frequenz, denn bei Anhalten des g. Gliedes wurden die Bewegungen etwa gleichförmig. Öfters war Grundform 14 mit Grundform 2 oder 7 kombiniert, so dass es bei aller Regellosigkeit doch noch zu Periodenbildungen kam. - Bei Medulla-Fischen tritt Grundform 14 nach Injektion von Strychnin oder dann, wenn das Kleinhirn durch den Medulla-Schnitt nicht sauber abgetrennt ist, auf, wird aber nicht durch einen anderen Rhythmus bewirkt. - Beim Säugling kann sich nach P e i p e r (1938) der Einfluss des "Saugzentrums" darin äussern, dass die Atmung unregelmässig, aber ohne feste Beziehung zum "Saugzentrum" gestört wird. - Beim Menschen ist Grundform 14 vielleicht manchmal in einem vergeblichen Anrennen der Willkür gegen die Abhängigkeit, also in einem Wirrwarr der Bewegungsintentionen begründet, denn bei Ablenkung der Aufmerksamkeit ging - aber durchaus nicht immer - Grundform 14 in Grundform 2 über. Anhaltendes Auftreten von Grundform 14 setzte meist eine grosse Abhängigkeit voraus und fiel häufig in den Beginn von Aufgabe 7 und 8. Bei Kindern war sie häufiger zu finden als bei Erwachsenen (Kinder zeigten oft in den Bewegungen allgemein eine grössere Unstabilität und Mannigfaltigkeit - auch schon bei Aufgabe 1 (absolute Koordination)).

F Gf. 14 ~ Gfn. 2; 7; 28.

Vorkommen von Grundform 14 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 13

T a b e l l e 13

Vorkommen von Grundform 14 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

versuchsaufgaben
↓

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	B	B	G	o	A	B	B	A	B C	o	A	A C	B	o	o
Ul	A	B	o	o	B	A	o	A	o	o	A	A	A	o	A
Uqr						o						B			o
Uql						o						A			B
Hr				o	B			o		o			o		
Hl				o	o			A		o			A		
(rH lU)r				B				C		o			o		
(rH lU)l										o			B		
(rU lH)r				o						o			A		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	C	A	C	o	o	o	o	o	o	B
Ol		A		o	o	A	A	o		B	B	C	o	o	B
Br	A	A	A		B	o			o	o		A	o	o	B
Bl	B	o	A		B	B				o		o	C	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

$\frac{r}{m} A = 22\%$, $\frac{r}{m} B = 19\%$, $\frac{r}{m} C = 5\%$, $\frac{r}{m} o = 51\%$.

B. Grundformen des g.Rhythmus.

B_I: Grundform 15.

Abb. 1: Schematische Zeichnung
von Gf. 15 s.S.22, Abb.1

Abb. 2: Kurvenbeispiel
s.S.23, Abb.2

Die Bewegung weicht nicht stark von der normalen, etwa sinus-
förmigen Bewegungsgestalt ab.

F Gf. 15 ~ Gfn.17;19;21;24;25;26;27;

Vorkommen von Grundform 15 in den 15 P.-Versuchen:Tab. 14

$\frac{r}{m} A = 19\%$, $\frac{r}{m} B = 6\%$, $\frac{r}{m} C = 4\%$, $\frac{r}{m} o = 72\%$.

B_{II}: Grundform 16.



Abb. 38: Schematische Zeichnung von Gf.16

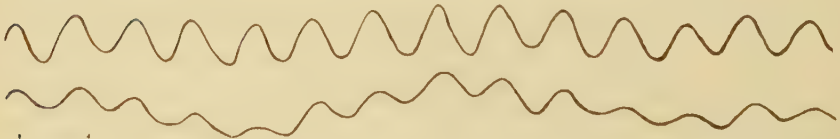


Abb.39: Gf.16 bei Aufgabe Or

T a b e l l e 14

Vorkommen von Grundform 15 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	A	A	A	o	A	B	o	o	o	o	B	o	A	A
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						A						o			B
Uql						A						o			B
Hr				A	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				A				A		A			B		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		A		o	o	o	C	o	o	o	o	A	B	A	B
Ol		o		o	o	A	o	o		o	o	C	o	o	o
Br	o	A	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	A				o		o	o	o	o
(rB lU)r									A						
(rB lU)l									A						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

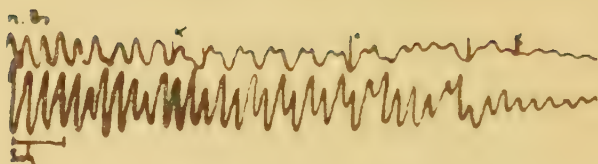


Abb. 40: Gf. 16 u. Gf. 2 bei Serranus
Aus v. Holst 1939 S265

Während jeder Ko-Schwingung des k.Rhythmus tritt beim g.Rhythmus eine deutlich hervortretende Beschleunigung und während jeder Dis-Schwingung Verlangsamung, Stillstand oder Rückläufigkeit der Bewegung ein, etwa so, als hätte sich der k.Rhythmus dem abhängigen Rhythmus überlagert.

Je nach der Stärke der Abweichungen wird unterschieden:

I: Die Geschwindigkeit nimmt zu und ab, ohne dass es während der Dis-Schwingungen des k.Rhythmus zu Stillstand des g.Gliedes oder Rückläufigkeit der Bewegung kommt.

F

II: Während der Dis-Schwingungen des k.Gliedes wird das g.Glied angehalten, während der Ko-Schwingungen beschleunigt.

M

III: Während der Dis-Schwingungen des k.Gliedes wird das g.Glied in rückläufiger Richtung, während der Ko-Schwingungen mit Beschleunigung bewegt.

Wie Grundform 2a wurde auch Grundform 16 I und III von den Versuchspersonen mit einem Gefühl der Erleichterung ausgeführt, wenn sich die Abhängigkeit vorher auf andere Weise geäußert hatte, - wie bei 2a und b konnte Grundform 16 III zu Grundform 16 II werden, wenn sich Versuchspersonen anspannten statt lockerten. Doch lässt sich Grundform 16 III nicht ganz so leicht willkürlich nachahmen wie Grundform 2a, und sie kam (von Aufgabe B_r abgesehen) nicht so häufig vor wie Grundform 2; letzteres könnte damit zusammenhängen, dass Grundform 16 mit der sehr häufigen Grundform 17 so nahe verwandt ist, dass es beim Auswerten immer wieder zweifelhaft war, zu welcher der beiden Grundformen Bewegungen zugeordnet werden sollten. Die Grundformen

16 und 17 zusammengekommen haben wohl die Häufigkeit von Grundform 2.

Gf.16 ~ Gfn. 17; 18; 28.

Vorkommen von Grundform 16 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 15.

$\frac{r}{m} A = 19\%$, $\frac{r}{m} B = 8\%$, $\frac{r}{m} C = 5\%$, $\frac{r}{m} o = 68\%$;

$\frac{r}{m} + = 78\%$, $\frac{r}{m} = = 27\%$, $\frac{r}{m} // = 12\%$.

B_{II}: Grundform 17.



Abb. 41: Schematische Zeichnung von Gf.17

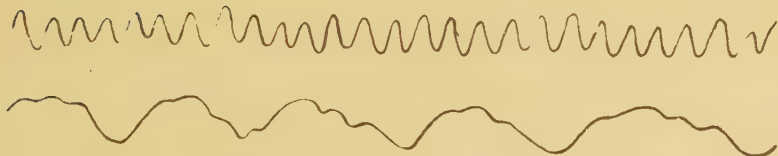


Abb. 42: Gf.17 bei Aufg. Ur

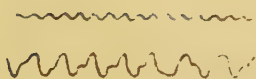


Abb. 43: Gf.17 in der Kurve eines mechanischen Moedells, das die Wirkungsweise des Magnet-Effekts nachahmt. Aus v.Holst 1939 S.259

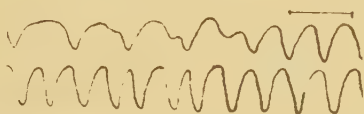


Abb. 44: Gf.17 bei Labrus; die rechte Brustflosse ist kurz zuvor gehemmt worden und im Begriff, die alte Frequenz und Aktionsstärke zu erreichen. Aus v.Holst 1939 S.257

T a b e l l e 15

Vorkommen von Grundform 16 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Bo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	A +	o	A +	o	o	o	o
Ul	A? /+	o	o	o	o	o	o	o	+	o	A +	C =	B +=	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				C =		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			B +		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	A +	A +	o	B +	o	A +	o	o
Ol		B		o	A +	C =	o	A +		o	B +	C =	A +	o	o
Br	A /+	A +	A +		A +	A =			C +	C +		A +	A +	o	B +
Bl	o	o	o		B +	A =				A =		B /+	A +	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

Grundform 17 ist, wie bereits erwähnt, Grundform 16 sehr ähnlich. Es treten aber meist nicht während aller, sondern nur während einzelner Phasen des g.Rhythmus entsprechende Geschwindigkeitsänderungen auf. Sie dauern nicht immer so lange wie eine Phase des k.Rhythmus an, und häufig hinkt die erzwungene Richtungs- umkehr des g.Rhythmus etwas hinter der Umkehrung des k. Rhythmus her, wie das auch bei Fischkurven vorkommt (s.Abb.44). Die Beziehungen der Abweichungen zu den Phasen des k.Rhythmus sind also nicht mehr durchgehend so klar wie bei Grundform 16, und die Übergänge zu den Grundformen 18 und 19 können fließend sein. Die Grösse der Abweichungen innerhalb einer Periode schwankt im allgemeinen stärker als bei Grundform 16. Die Lage der Abweichungen innerhalb einer Periode wechselt gewöhnlich von Periode zu Periode.

Einige der Versuchspersonen, deren Bewegungen die Grundform 17 zeigten, gaben an, dass sie plötzlich und unvermittelt den Impuls, das g.Glied wie das k.Glied zu bewegen, spürten und zu den übrigen Zeiten der Periode diese Tendenz nicht empfänden, - andere sagten, das k.Glied würde ständig das g.Glied mitzuziehen suchen, doch würden sie mit wechselndem Erfolg diese Tendenzen zu unterdrücken suchen. Doch hatte auch bei diesen Versuchspersonen Ablenkung der Aufmerksamkeit oder allgemeine Lockerung nicht zur Folge, dass sich die Abweichungen in der Grösse anglichen.

M

Gf. 17 ~ Gfn.15;16;21;25;26;27;28;
50.

Vorkommen von Grundform 17 in den 15 P.-Versuchen: Tab.16.

$\frac{r}{m}$ A = 24%, $\frac{r}{m}$ B = 33%, $\frac{r}{m}$ C = 8%, $\frac{r}{m}$ o = 35%;

$\frac{r}{m} + = 91\%$, $\frac{r}{m} = = 21\%$, $\frac{r}{m} // = 9\%$.

Welche Koordinationsmechanismen kommen für die Grundformen 16 und 17, deren Vorkommen in fließenden Übergängen (s.Abb. 45) auf nahe Verwandtschaft schliessen lässt, in Frage?

Die Form von Grundform 16 und die Leichtigkeit, mit der sie ausgeführt wird, sprechen für Superposition. Aber es ist auch mög-

Tabelle 16

Vorkommen von Grundform 17 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Ja	Sch	Wo	Ru	Ba	Fe	Et	Fr	Bä	Ku
Ur	A +	o	A +	o	A +	B +=	B +	B +	A +	o	A +	C +=	A /+	o	A +
Jl	B /+	B +	C +	o	B /+	C +	C +	B +	o	o	B +	B	A +	o	B? /+
Uqr						o						B +			o
Uql						o						B +			B +
Hr				o	B +			A +		A +			A +		
Hl				o	o			B +		B =			B +=)		
(rH 10)r				o				A =		o			B +		
(rH 10)l										C +=?			B +		
(rU 1H)r				B +						o			A +		
(rU 1H)l										o					
Or		o		B +	A +	C +	B +	A +	A +	B +	A +	o	o	o	B +
Ol		B /+		A +=	A +=	C =	A +	o		B +	A +	o	o	o	B +
Pr	B +	A +	B +		A +	C +			o	A +		B +	o	A? +=)	A +=
Pl	o	o	B +		o	B +				B +=		o	o	o	B =
(rB 1U)r									o						
(rB 1U)l									o						
(rU 1B)r										B =					
(rU 1B)l										o					

lich, dass die Grundformen 16 und 17 durch "reinen" Magnet-Effekt hervorgerufen werden und zwar aus folgenden Gründen:

- 1.) Die Fischkurve, die im Zusammenhang mit Grundform 2a besprochen wurde und die die Grundform 16 oder 17 zeigt, weist darauf hin, dass der Magnet-Effekt bei grossen Frequenzunterschieden (über 2:1) den abhängigen Rhythmus bei Koaktion auch dann beschleunigt, wenn dieser der bei absoluter Ordnung eingehaltenen Phasenbeziehung voraus ist und ihn bei Disaktion auch dann verlangsamt, wenn er hinter dieser ausgezeichneten Phasenlage zurück ist.
- 2.) Bei Medulla-Fischen kann der Magnet-Effekt, statt den abhängigen Rhythmus nur zu verlangsamen, dessen Richtungs-umkehr verursachen (s. Abb. 44). Dass bei Grundform 17 die durch den k.Rhythmus hervorgerufene Richtungs-umkehr häufig hinter der Umkehrung des k.Rhythmus nachhinkt, spricht dafür, dass jene entgegen der Voll- oder Garnicht-Tendenz des abhängigen zentralen Rhythmus erzwungen ist.

Da bei Medulla-Fischen eine kombinierte Wirkung von Superposition und "reinem" Magnet-Effekt häufig vorkommt, sind an den Grundformen 16 und 17 vielleicht oft beide Koordinationsmechanismen zugleich beteiligt.

Der Unterschied zwischen Grundform 16 und 17 kann auf dreifache Weise entstanden gedacht werden:

- 1.) Bei Grundform 17 schwankt die Stärke des Einflusses der Rhythmen aufeinander oder die gegenseitige Beeinflussbarkeit unregelmässig.
- 2.) Zu den Wirkungen der Erregungsprozesse, die die Grundform 16 hervorrufen, treten bei Grundform 17 zusätzlich ungleichmässige Einflüsse aus anderen Regionen des Zentralnervensystems direkt an die motorischen Zellen heran.
- 3.) Wie bei der Modellkurve Abb. 43 liegen die Rhythmen so zueinander, dass die durch Magnet-Effekt hervorgerufenen Geschwindigkeitsänderungen nicht regelmässig in Bezug auf die Phasen des g.Rhythmus in Erscheinung treten.

Mit der Annahme einer Überlagerung bei den Grundformen 16 und 17 steht in Einklang, dass dann, wenn der Facialis operativ durch den Accessorius ersetzt wird, "in den meisten Fällen noch relativ lange eine Mitbewegung der Schulter stattfindet, wenn Gesichtsbewegungen ausgeführt werden" (Bethe 1931¹, S.1096)³⁾, oder dass bei Rindenlähmung die aktive Bewegung nicht betroffener Muskeln die "gelähmten" zu komplizierten und geordneten Mitbewegungen veranlassen kann.

B_{III}: Grundform 18.



Abb. 45: Schematische Zeichnung von Gf.18



Abb. 46: Gf.18 bei Aufgabe U1. Bei x tritt wieder die Tendenz auf, das rechte Glied häufiger als das linke zu bewegen.

3) Leider ist es mir nicht gelungen, einen solchen Fall zu erreichen und festzustellen, ob bei der Absicht des Patienten zu schnellen mimischen Bewegungen und gleichzeitigen langsamen Schulterbewegungen etwa Grundform 16 auftritt. - Bei Nerveineimplantationen im Gebiet der Extremitätenmuskulatur kommen diese Mitbewegungen merkwürdigerweise meist nicht vor.



Abb. 47: Gf. 18 bei Aufgabe
be B₁



Abb. 48: Gf. 18 bei Aufgabe H₁



Abb. 49: Gf. 18 bei Aufgabe
O₁



Abb. 50: Gf. 18 bei Aufgabe B₁

Das Glied wird ähnlich wie bei Grundform 17 unbeabsichtigt rückläufig bewegt oder bleibt kurz stehen. Doch stehen die mehrfachen, unbeabsichtigten Geschwindigkeitsänderungen nicht wie bei Grundform 17 in klarer Korrelation zu den Phasen des k. Rhythmus.

Die Abweichungen, die unter diese Grundform zusammengefasst werden, haben sicher sehr verschiedene Ursachen. Verschiedenartige mögliche Gründe für das Auftreten von Grundform 18 seien kurz angeführt:

- 1.) Nach dem Wechsel von Aufgabe 7 zu Aufgabe 8 kann trotz eingelegter Pause das rechte Glied die Tendenz beibehalten, sich häufiger hin- und herzubewegen als das linke Glied (Perseveration), oder diese Tendenz kann später plötzlich wieder auftreten (s. Abb. 46).
- 2.) Wenn Grundform 18 in Periodenreihen von Grundform 16 oder 17 vorkommt, sieht es - besonders bei Aufgabe B_r und B₁ - so aus, als beeinflusse der k. Rhythmus den g. Rhythmus wie bei Grundform 16 oder 17, aber als träten die Abweichungen beim g. Rhythmus wegen der grossen Masse des anderen Glied-

des verspätet in Erscheinung, und als ginge die klare Korrelation dadurch verloren (s. Abb. 47).

- 3.) Der Einfluss des k.Rhythmus scheint wieder wie bei den Grundformen 16 und 17 zu sein, doch wird die beschleunigte Bewegung durch einen plötzlichen Willkürimpuls: "Der Langsame darf nicht schnell gehen" angehalten oder umgekehrt (s. Abb. 48).
- 4.) Die zentralnervös angestrebte Phasenbeziehung scheint schwankend zu sein (s. Abb. 49, 50).
- 5.) Bei starker Abhängigkeit kann die normale, etwa sinusförmige Gestalt in einen Bewegungswirrwarr zerfallen (Parallele zu Grundform 14 des k.Rhythmus) (s. Abb. 35).

F Gf. 18 ~ Gfn. 16; 17; 21; 28.

Vorkommen von Grundform 18 in den 15 F.-Versuchen: Tab. 17.

$\frac{r}{m} A = 1\%$, $\frac{r}{m} B = 18\%$, $\frac{r}{m} C = 13\%$, $\frac{r}{m} o = 68\%$.

B_{III}: Grundform 19.



Abb. 51: Schematische Zeichnung von Gf. 19

Abb. 52: Gf. 19 bei Aufgabe U1

Das Glied schwankt bei den meist langsam ausgeführten Aufwärts- und Abwärtsbewegungen mehrfach geringfügig, aber doch selbst bei der groben Registrierung noch deutlich sichtbar in der Geschwindigkeit, ohne dass die verhältnismässig kleinen Geschwindigkeitsänderungen in klarer Korrelation zu den Phasen des k.Rhythmus, dessen Frequenz gewöhnlich höher liegt als die der Geschwindigkeitsänderungen, stehen. - Grundform 19 trat zwar meist nur dann sehr ausgeprägt auf, wenn sich die Frequenzen beider Rhythmen sehr unterschieden (bei Relationen 1:12 - 1:20), oder wenn die Bewegungen der relativen Koordina-

T a b e l l e 17

Vorkommen von Grundform 18 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	C	o	o	o	o	o	o	o
Ul	B	B	o	C	o	o	o	B	o	o	o	C	C	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						C			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				B	o			C		B			B		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										C			o		
(rU lH)r				C						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		B		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	B	o	o		o	o	o	o	o	B
Br	B	o	B		C	C			o	o		B	o	o	B
Bl	B	o	B		B	C				C		A	o	B	B
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

tion sehr unsicher und zaghaft ausgeführt wurden, doch kamen mehrfache kleine Geschwindigkeitsänderungen auch bei einseitigen sehr langsamen Bewegungen und bei absoluter Koordination vor⁴⁾.

M: Gf. 19 ~ Gfn. 17; 21.

Grundform 19 wurde in den Auswertungen nur dann angegeben, wenn sie sehr ausgeprägt auftrat.

Vorkommen von Grundform 19 in den 15 P.-Versuchen: Tab.18.

$\frac{r}{m} A = 2\%$, $\frac{r}{m} B = 10\%$, $\frac{r}{m} C = 1\%$, $\frac{r}{m} o = 89\%$.

B_{IV}: Grundform 20.



Abb. 53: Schematische Zeichnung von Gf.20

Kurvenbeispiel: Abb. 113 (S.102)

Die Abhängigkeit des g.Rhythmus ist so stark, dass das g.Glied fast immer in Koaktion mit dem k.Rhythmus bewegt und der Frequenzunterschied dadurch erreicht wird, dass das g.Glied an einem oder beiden Umkehrpunkten während einer oder mehrerer Schwingungen des k.Rhythmus anhält. Der neue Einsatz des g.Rhythmus erfolgt etwa gleichzeitig mit dem Beginn einer Ko-Schwingung des k.Rhythmus, wenn nicht B-Koaktionslage vorliegt.

Diese Grundform ist auch in den Kurven von Medulla-Fischen zu finden (s.Abb.54), wenn der g.Rhythmus durch Magnet-Effekt

4) Mit den mehrfachen kleinen Geschwindigkeitsänderungen sind nicht die von Wacholder (1925) beschriebenen kleinen Wellen und Stufen mit einer Frequenz von etwa 8-10 Schwingungen pro Sekunde gemeint, da diese, wie bereits erwähnt, bei unserer Registrierung verschluckt wurden, und in dieser Untersuchung nur die grosse Linie der Bewegungen betrachtet werden sollte.

T a b e l l e 18

Vorkommen von Grundform 19 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	B	o	B?	o	o	B	o	o	B	A	B	o	B	o	o
Ul	o	A	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		B			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										B			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	C	o	o	o	B	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o	o	B	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	C?			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										B					

beeinflusst wird und zum Voll- oder Garnicht-Typ gehört. Grundform 20 zeigt, dass ein Rhythmus den anderen über die Reizschwelle heben oder ihn unter der Einsatzschwelle zurückhalten - bzw. die Reizschwelle heben oder senken kann.

Bei Medulla-Fischrhythmen werden jedoch die Pausen "stets an bestimmter Stelle (z.B. bei den Brustrhythmen am Punkt der Richtungsumkehr der Bewegung von vorn nach hinten) eingeschoben" (v.Holst 1939¹, S.486).



Abb. 54: Gf.20 bei Labrus,
Aus v.Holst 1939¹
S.264.

Beim Auftreten von Grundform 20 machten Versuchspersonen zum Teil einen verkrampften, wenig gelockerten Eindruck, und sie fühlten sich dabei sehr unbehaglich. Doch wenn sie sich mit ihrer Leistung zufrieden gaben, war ihnen diese Bewegungsart nicht unangenehm.

F

Gf. 20 ~ Gfn. 21; 28; 30.

Vorkommen von Grundform 20 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 19.

$\frac{r}{m} A = 2\%$, $\frac{r}{m} B = 3\%$, $\frac{r}{m} C = 1\%$, $\frac{r}{m} o = 94\%$;

$\frac{r}{m} + = 50\%$, $\frac{r}{m} = = 33\%$, $\frac{r}{m} // = 33\%$.

B_{IV}: Grundform 21.



Abb. 55: Schematische Zeichnung von Gf.21

T a b e l l e 19

Vorkommen von Grundform ²⁰ in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	B =	o	o	o	o	o	A =	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	A /	B /+	o		o	o			o	o		C +	o	o	o
Bl	o	o	o		B +	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					



Abb.57: Gf. 21c bei Aufgabe Or

Das g.Glied hält wie bei Grundform 20 an einem oder beiden Umkehrpunkten an, jedoch bewegt es sich auch während Dis-Schwingungen des k.Rhythmus, denn die Aktionszeiten des unterbrochenen Rhythmus sind meist länger als die des k.Rhythmus, und der neue Einsatz fällt nicht immer mit dem Beginn einer Ko-Schwingung zeitlich zusammen. Nicht sehr selten nimmt das g.Glied die Bewegung in derselben Phasenbeziehung zum k.Rhythmus wieder auf, in der es sie angehalten hat.

Da die neuen Einsätze des g.Rhythmus gehäuft in eine Zeit der Koaktion des anderen Rhythmus fallen, zeigt Grundform 21 wie Grundform 20, dass ein Rhythmus auf einen anderen auch dann Einfluss nehmen kann, wenn letzterer noch nicht tätig, aber nahe unter der Schwelle der Aktion ist.

Versuchspersonen hatten bei Bewegungen, die zu dieser Grundform gehörten, das Gefühl grosser Disharmonie, - es störte sie sehr das Ruckartige. Trotzdem konnten sie das Anhalten aber nur nach längerem Üben unterlassen. Einige Versuchspersonen gaben an, sie müssten an einem Endpunkt ausruhen, um ein Glied häufiger hin- und herbewegen zu können als das andere. Andere sagten, sie würden das Glied an den Endpunkten vergessen. Doch half dann auch ein periodisches Aufrufen des Versuchsleiters nichts oder nur wenig.

Je nach der Dauer des Anhaltens wird unterschieden:

- a) Das Glied hält länger als eine Schwingung des k.Rhythmus an.
F Gf. 21a ~ Gfn. 17; 20; 28; 30.
- b) Das Glied hält etwa so lange, wie eine Schwingung des k. Rhythmus dauert, an.

F

Gf. 21b ~ Gfn. 21a, c; 15; 16;
26; 27; 30.

c) Das Glied hält nur etwa während einer Halbschwingung des k.Rhythmus an.

F

Gf.21c ~ Gfn. 21b; 15; 26; 27.

Bei 21c wurde durch das Anhalten meist erreicht, dass der g. Rhythmus statt in Disaktion in Koaktion einsetzen konnte (s. Abb.57). Doch trat das kurze Anhalten auch bei anderen Phasenbeziehungen auf und konnte auch ohne relative Koordination bei sehr langsamen Bewegungen beobachtet werden.

Vorkommen von Grundform 21 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 20, 21, 22.

Grundform 21a: $\frac{r}{m} A = 24\%$, $\frac{r}{m} B = 25\%$, $\frac{r}{m} C = 5\%$, $\frac{r}{m} o = 46\%$;

Grundform 21b: $\frac{r}{m} A = 8\%$, $\frac{r}{m} B = 22\%$, $\frac{r}{m} C = 6\%$, $\frac{r}{m} o = 62\%$;

Grundform 21c: $\frac{r}{m} A = 5\%$, $\frac{r}{m} B = 3\%$, $\frac{r}{m} C = 3\%$, $\frac{r}{m} o = 90\%$.

B_{IV}: Grundform 22.



Abb. 58: Schematische Zeichnung von Gf.22



Abb. 59: Gf.22 bei Aufgabe U1

Tabelle 20

Vorkommen von Grundform 21a in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fe	Et	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	B	o	o	A	A	o	B	C	B	o	o
Ul	C	A	A	B	o	A	A	A	o	o	A	B	B	o	o
Uqr						o						B			o
Uql						o						B			A
Hr				o	o			o		B			o		
Hl				C	A			A		B			B		
(rH lU)r				o				B		o			A		
(rH lU)l										A			A		
(rU lH)r				A						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		B	B	C	o	o	A	o	B	o	o	o	B
Ol		A		B	o	o	B	B		o	A	C	o	o	A
Br	B	A	o		B	B			o	o		o	A	B	B
Bl	B	o	A		B	A				o		o	A	o	B
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

T a b e l l e 21

Vorkommen von Grundform 21b in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	B	A	o	B	o	C	B	o	o	o	B	B	B	B ₂
Ul	o	o	B	o	B	A	o	o	o	o	o	B	o	A	B
Uqr						o						B			B
Uql						o						o			o
Hr				o	B			o		B			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				C		o			C		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						B			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	B	o	o	o	B	o	C	C ₂	o	B ₂
Ol		o		o	B	A	o	o		B	C	C	o	o	B
Br	A	A	o		o	A			o	B		o	o	A	o
Bl	o	o	o		o	o				o		B	o	A?	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

T a b e l l e 22

Vorkommen von Grundform 21c in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ku	Ba	Fe	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	C	o	C	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						A						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		B			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH 1U)r				o				o		o			o		
(rH 1U)l										o			o		
(rU 1H)r				o						A			o		
(rU 1H)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	A	o	o	o	o	o
Ol		A		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	A	o		o	C			o	o		B	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB 1U)r									c						
(rB 1U)l									o						
(rU 1B)r										A					
(rU 1B)l										o					

Das Glied wird nicht am Umkehrpunkt, sondern im Laufe einer oder beider Halbschwingungen länger als etwa $1 \frac{1}{2}$ Aktionszeiten des k.Rhythmus angehalten.

M Gf. 22 ~ Gfn. 17; 18; 20; 21.

Vorkommen von Grundform 22 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 23.

$\frac{r}{m}$ B = 5%, $\frac{r}{m}$ C = 5%, $\frac{r}{m}$ o = 91%.

Kurzes Anhalten im Laufe der Phase oder Gegenphase konnte auch bei sehr langsamen einseitigen Bewegungen beobachtet werden.

Die $\frac{r}{m}$ Werte der Grundformen 20, 21, 22 zeigen, dass das g. Glied, wenn es anhält, fast immer an der Umkehrung still steht. Die Rhythmen scheinen also eine Voll- oder Garnicht-Tendenz zu haben.

B_{IV}: Grundform 23.



Abb. 60: Schematische Zeichnung von Gf.23



Abb. 61: Gf. 23 bei Aufgabe Br

Die Schwingung wird wie bei den Grundformen 20 und 21 an der Umkehrung unterbrochen. Aber statt stille zu stehen, führt das g.Glied in der Pause leichte Mitbewegungen mit dem k.Rhythmus aus.

T a b e l l e 23

Vorkommen von Grundform 22 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Bo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	C	o	o	o	B	o	o	o	o	o	B	C	o	o	C
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			C		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			B		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	B	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	B
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

F

Gf. 23 ~ Gfn. 17; 18; 21.

Vorkommen von Grundform 23 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 24

$\frac{r}{m} A = 1\%$, $\frac{r}{m} B = 5\%$, $\frac{r}{m} C = 2\%$, $\frac{r}{m} o = 92\%$;

$\frac{r}{m} + = 88\%$, $\frac{r}{m} = = 25\%$.

B_{IV}: Grundform 24.



Abb. 62: Schematische Zeichnung von Gf. 24

Kurvenbeispiel: S 33, Abb. 17

Der aufsteigende Ast der Kurve ist kürzer als der absteigende oder umgekehrt. Die Dauer des kurzen Astes ist aber länger als eine Aktionszeit des k.Rhythmus.

v.H o l s t hat bei Medulla-Fischen festgestellt, dass "bei Brustflossenrhythmen die aktivere zentrale Aktionsphase (der ein Flossenschlag nach hinten entspricht und die der Stemmphase der Säuger vergleichbar wäre) oft in stärkerem Masse vom anderen Rhythmus her beeinflusst" wird als die Gegenphase (v. Holst 1938², S.51), und bei Lunden fand er, "dass der Einfluss, den ein Rhythmus auf den anderen während dessen Schwingphase nimmt, viel geringer ist (oder jedenfalls in viel geringerem Masse in der Muskelbewegung zum Ausdruck kommt) als der Einfluss während der Stemmphase" (v.Holst 1938², S.51). Da sich bei Medulla-Fischen Phase und Gegenphase also in sehr wechselnden Zuständen der Aktivität und Beeinflussbarkeit befinden können, schloss v.Holst, "dass es wohl nur verschiedene automatische Elemente sein können, welche Phase und Gegenphase der gleichen Bewegungen verursachen" (v.Holst 1939¹, S.282).

T a b e l l e 24

Vorkommen von Grundform 23 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Bo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	C +	o	o
Ul	o	o	o	o	C +	o	o	o	o	o	o	B =	o	o	B +
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH 1U)r				o				o		o			o		
(rH 1U)l										o			o		
(rU 1H)r				o						o			o		
(rU 1H)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	B +		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		B +	o			o	o		o	o	B =	o
Bl	C +	o	o		A +	o				o		o	o	o	o
(rB 1U)r									o						
(rB 1U)l									o						
(rU 1B)r										o					
(rU 1B)l										o					

Tabelle 25

Vorkommen von Grundform 24 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Po	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	A	o	o	o	C	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						C			o
Hr				o	o			A		e			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	C	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	C	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	oo	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					



Abb. 65: Gf. 25 in der Kurve eines mechanischen Modells, das die Wirkungsweise des Magnet-Effekts nachahmt,
Aus v. Holst 1939¹, S. 260.

Während der ersten Ko-Schwingung des k.Rhythmus und des ersten Teils der folgenden Dis-Schwingung, wird der g.Rhythmus beschleunigt, um dann stark verlangsamt zu werden. - Grundform 25 kommt nur beim 2:1 Frequenzunterschied vor.

Diese Grundform zeigt besonders klar, dass eine Ordnung der Bewegungsgestalten nach formalen Gesichtspunkten irreführend sein kann. Die Abweichung, die für Grundform 25 charakteristisch ist, kann durch reinen, für Phase und Gegenphase gleich starken Magnet-Effekt hervorgerufen werden (s. Modellkurve Abb. 65), oder dadurch, dass eine Phase in stärkerer Masse vom anderen Rhythmus her beeinflusst wird als die Gegenphase.

F Gf. 25 ~ Gfn. 17; 24; 32.
Vorkommen von Grundform 25 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 26

$\frac{F}{m} A = 1\%$, $\frac{F}{m} B = 8\%$, $\frac{F}{m} C = 3\%$, $\frac{F}{m} o = 78\%$;

$\frac{F}{m} + = 77\%$, $\frac{F}{m} = = 16\%$.

B_V: Grundform 26.



Abb. 66: Schematische Zeichnung von Gf. 26

T a b e l l e 26

Vorkommen von Grundform 25 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Bo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	B +	o	o	o	C	o	B +	B +	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	A =	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		B +			o		
Hl				o	o			B =		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	B +	o	A /?	o		o	B +	o	o	o	o
Br	o	o	C +		o	C +			o	o		B +	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

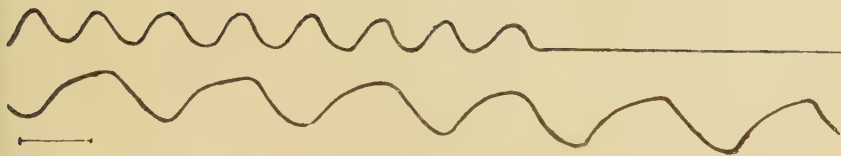


Abb. 67: Gf. 26 bei Aufgabe Ur. Gf. 26 wurde auch nach Anhalten eines U. noch weitergeführt.

Bei Grundform 26 nimmt die Geschwindigkeit nicht im Laufe jeder Halbschwingung langsam zu und wieder ab, sondern sie ist während der ersten Hälfte einer oder beider Phasen am grössten, um in der zweiten Hälfte langsam abzunehmen. Diese Abweichung wurde - aber nur sehr schwach ausgeprägt - hin und wieder auch bei Aufgabe 1 (absolute Koordination) angetroffen, und eine Versuchsperson, deren Bewegungen bei relativer Koordination die Grundform 26 stark zeigten, führte Grundform 26 auch dann noch sehr ausgeprägt weiter aus, als ein Glied angehalten wurde (vgl. die Perservation, die Peiper (1938) beim Atemzentrum des Säuglings feststellte). - Trat die Abweichung nicht bei Phase und Gegenphase auf, so hatte die Versuchsperson häufig zu Beginn der Halbschwingung, an der schnell begonnen wurde, ihre Anfangsstellung.

Es wird nach Möglichkeit unterschieden:

26 V: Der beschleunigte Beginn einer Halbschwingung fällt zeitlich mit einer Ko-Schwingung des k.Rhythmus zusammen.

26 U: Es besteht keine klare Beziehung zwischen der Abweichung und der Phase des k.Rhythmus.

Da beide Formen ineinander übergehen können, werden sie in eine Grundform zusammengefasst.

F Gf. 26 ~ Gfn. 15; 21b; 21c; 27.

Grundform 26 wird in den Auswertungen und Tabellen nur dann angegeben, wenn sie sehr ausgeprägt auftrat.

Vorkommen von Grundform 26 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 27.

$\frac{r}{m} A = 3\%$, $\frac{r}{m} B = 19\%$, $\frac{r}{m} C = 5\%$, $\frac{r}{m} o = 74\%$.

Tabelle 27

Vorkommen von Grundform 26 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Po	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	B	o	B	C	B	o	o	o	C	o	o	o	B
Ul	o	o	B	o	o	B	o	o	o	o	o	o	o	B	B
Uqr						B						o			B
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		B			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										C			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		B		C	o	B	B	o	A	A	o	o	B	o	o
Ol		o		o	o	o	B	o		o	o	C	o	A	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	B	o
Bl	o	o	o		o	B				o		B	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

B_V: Grundform 27.



Abb. 68: Schematische Zeichnung von Gf.27.



Abb. 69: Gf.27V bei
Aufgabe Ur



Abb. 70: Gf. 27U bei Aufgabe Ur

Die Kurve hat Girlandenform: eine Umkehrung ist sehr abgestumpft, die andere spitz.

Wie bei Grundform 26 wird nach Möglichkeit unterschieden:

27V: Die abgestumpfte Umkehrung verläuft in Disaktion zu einer Schwingung des k.Rhythmus, die spitze in Koaktion. -

Beim Rhythmen-Verhältnis 2:1 könnte sich diese Form - wie Grundform 16 - durch Überlagerung des k.Rhythmus auf den g.Rhythmus ergeben. Für eine wirklich bestehende Verwandtschaft zwischen Grundform 16 und Grundform 27V spricht, dass, ähnlich wie bei Fischkurven, Grundform 17V zwischen Grundform 16 gefunden wurde.

27U: Es bestehen keine klaren Beziehungen zwischen den Abweichungen des g.Rhythmus und den Phasen des k.Rhythmus.

27V: F

Gf.27 ~ Gfn. 15; 26; 21b u.c.

27U: M

$\frac{F}{M}$ A = 1%, $\frac{F}{M}$ B = 11%, $\frac{F}{M}$ C = 4%, $\frac{F}{M}$ o = 84%.

Tabelle 28

Vorkommen von Grundform 27 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	C	o	B	C	o	B	o	o	A	o	B	B	B	o
Ul	o	o	B	B	o	o	o	o	o	B	o	B	o	B	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				B				o		o			C		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	B	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										C					

C. Grundformen, bei denen sich der k. und der g.Rhythmus meist gegenseitig beeinflussen.

C_I: Grundform 28.

Die Abhängigkeit in den Bewegungen der beiden Glieder ist so stark, dass es der Versuchsperson nicht gelingt, die absolute Koordination zu überwinden und ein Glied häufiger hin- und herzubewegen als das andere. Es treten dabei folgende Formen auf:

Grundform 28a.

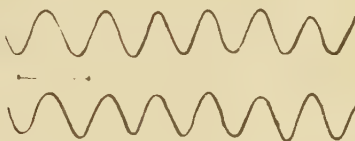


Abb. 71: Schematische Zeichnung von Gf.28a

Abb. 72: Gf.28a bei Aufgabe Ur

Die Rhythmen verlaufen etwa wie bei Aufgabe 1 (absolute Koordination), - sind also etwa sinusförmige Hin- und Herbewegungen mit rechts und links ungefähr gleichen und konstanten Amplituden. Die Umkehrpunkte erfolgen beim g. und k.Rhythmus gleichzeitig.

Grundform 28b.



Abb. 73: Schematische Zeichnung von Gf. 28b

Abb. 74: Gf.28b bei Aufgabe Or

Die Amplitude und meist auch die Frequenz schwanken bei beiden Rhythmen erheblich. Während die Aktionszeiten beim g. und k. Rhythmus in gleichem Masse wechseln, so dass die Umkehrpunkte gleichzeitig erfolgen, wird die Amplitude rechts und links unterschiedlich verändert.

Häufig blieb - wie in dem abgebildeten Beispiel - die Amplitude auf einer Seite etwa konstant und schwankte nur auf der anderen Seite.

Es ist, als würde die Versuchsperson immer wieder von neuem versuchen, eine Fessel zu zerreißen und als liesse sich dabei das Band, das die Amplitudengrössen einander koppelt, zwar überwinden, nicht aber das der Frequenzen. Sonderversuche, in denen die Aufgabe gestellt wurde, die Unterarme im Rhythmen-Verhältnis 1:1 zu bewegen, aber mit einem Unterarm einen Amplituden-Alternans auszuführen, bestätigten eindeutig, dass die Amplituden zweier Rhythmen in ihrer Grösse weniger abhängig voneinander oder durch Willkür leichter zu beherrschen sind als die Frequenzen.

Grundform 28c.

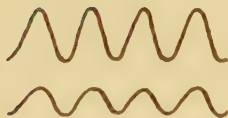


Abb. 75: Schematische Zeichnung von Gf. 28c



Abb. 76: Gf. 28c kombiniert mit Gf. 28f bei Aufgabe Ur

Die Amplitude des k. Rhythmus ist anhaltend grösser als die des g. Rhythmus.

Versuchspersonen, deren Bewegungen in Grundform 28c erfolgten, waren immer wieder ganz fest davon überzeugt, das Glied, das mit grösserer Amplitude, also schneller als das andere Glied

bewegt wurde, auch häufiger als das andere Glied hin- und hergeschwungen zu haben ("ich könnte schwören" etc.)

Grundform 28d.



Abb. 77: Schematische Zeichnung von Gf. 28d



Abb. 78: Gf. 28d kombiniert mit Gf. 28g bei Aufgabe Ur Schwingungen mit langen Aktionszeiten rechts und links wechseln mit Schwingungen von höherer Frequenz ab. Es ist, als würde sich die Versuchsperson bald auf den g.Rhythmus konzentrieren und wäre dieser dann dominant, - bald auf den k.Rhythmus und ginge die Führung dann auf diesen über. - Bei den Bewegungen mit kurzen Aktionszeiten ist auch die Amplitude manchmal verringert.

Grundform 28e.

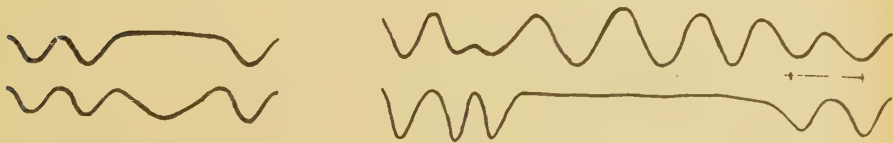


Abb. 79: Schematische Zeichnung von Gf. 28e

Abb. 80: Gf. 28e bei Aufgabe Ur

Grundform 28e gleicht Grundform 28d, - doch wird der k.Rhythmus während der Bewegungen mit langer Aktionszeit angehalten, oder der g.Rhythmus während der Schwingungen mit kurzer Aktionszeit.

Eine Versuchsperson äusserte dazu: "Ich hatte das Gefühl, dass sich zuerst das rechte Glied dem linken unterordne. Bei der Korrektur blieb dann das linke Glied stehen".

Grundform 28f.



Abb. 81: Schematische Zeichnung von Gf. 28f

Kurvenbeispiel: Abb. 76 (s.S.62)

Der k.Rhythmus eilt dem g.Rhythmus in der Phasenbeziehung ein wenig voraus. Diese Grundform ist auch in den Kurven der Medulla-Fische zu finden, denn dort ist auch bei absoluter Ordnung die Phasenbeziehung nicht starr festgelegt, sondern der k.Rhythmus kann um ein gewisses konstantes Mass voraneilen (v.Holst 1939¹, S.253).

Grundform 28g.



Abb. 82: Schematische Zeichnung von Gf. 28g



Abb. 83: Gf. 28g+b bei Aufgabe Or

Die Bewegungen sind nicht fliessend, sondern sehr holprig. -- Die Versuchspersonen machten dabei einen sehr verkrampften Eindruck.

F Gf. 28 ~ Gfn. 2; 14; 16; 17; 29;
30.

Vorkommen von Grundform 28 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 29

$\frac{r}{m}$ A = 25%, $\frac{r}{m}$ B = 4%, $\frac{r}{m}$ C = 3%, $\frac{r}{m}$ o = 69%;

$\frac{r}{m} + = 88\%$, $\frac{r}{m} = = 18\%$.

Die Formen a, b, c, f kamen viel häufiger vor als die Formen d, e, g.

G_{II}: Grundform 29.



Abb. 84: Schematische Zeichnung von Gf.29

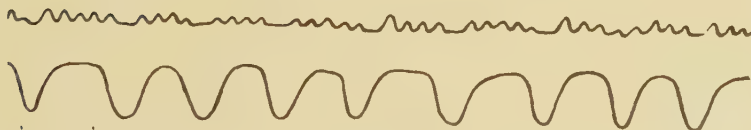


Abb. 85: Gf.29 bei Aufgabe Ur

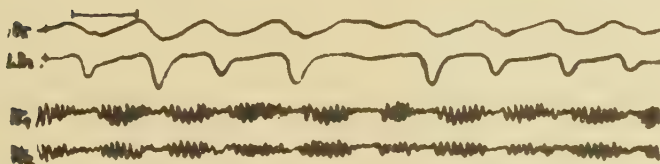


Abb. 86: Gf.29 bei Labrus während einer Strychninvergiftung. Gleichzeitig mit jeder Schwingung der Brustflossen erfolgt ein "Atemimpuls". Aus v.Holst 1939¹, S.291.

Tabelle 29

Vorkommen von Grundform 28 in den 15 F.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	A+	A+	A+	o	o	o	A+	A+	o	A=	o	o	o	A+
Ul	C+	A+	o	o	o	o	C+	C+	o	o	o	B=	o	o	B+
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	A+			o		o			o		
Hl				A+	o			o		o			o		
(rH 1U)r				o				o		o			o		
(rH 1U)l										o			o		
(rU 1H)r				o						o			A+		
(rU 1H)l										o					
Or		A+		A+	A+	•	•	o	A+	o	B=	o	o	o	o
Ol		o		o	B=	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	A+	A+		A+	A=			A+=	o		o	A+	o	A+
Bl	A+	A+	o		o	o				o		o	A+	o	o
(rB 1U)r									A+=						
(rB 1U)l									o						
(rU 1B)r										o					
(rU 1B)l										o					

Beide Rhythmen bilden Pausen: Der g.Rhythmus hält nach jeder Schwingung an, der k.Rhythmus während der Aktion des g.Rhythmus. Dabei kann die gegenseitige Abhängigkeit so stark sein, dass der k.Rhythmus anhält, sobald der g.Rhythmus einsetzt, und jener die Bewegung fast erst dann wieder aufnimmt, wenn der g.Rhythmus stillsteht. Oder die Abhängigkeit kann so gering sein, dass das k.Glied nach dem periodischen Einsatz des g. Rhythmus nur in der Zeit der ersten Dis-Schwingung anhält (vgl. Grundform 11). Zwischen diesen zwei Extremfällen gibt es viele Übergänge, die nacheinander oder gemischt vorkommen können. - Statt eines Stillstandes des k.Rhythmus können in seltenen Fällen auch Schwingungen mit stark verminderter Amplitude stattfinden, wie es auch bei Medulla-Fischen vorkommen kann, wenn "Atemimpulse" wirksam sind (Abb. 86).

Grundform 29 zeigt, dass sich die verschiedenen frequenten Gliedbewegungen des Menschen gegenseitig ausschliessen können.

Gf. 29 ~ Gfn. 2; 10; 11; 21; 28.

Vorkommen von Grundform 29 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 30

$\frac{r}{m} A = 1\%$, $\frac{r}{m} B = 1\%$, $\frac{r}{m} o = 97\%$; $\frac{r}{m} + = 100\%$.

C_{II}: Grundform 30.



Abb. 87: Schematische Zeichnung von Gf.30

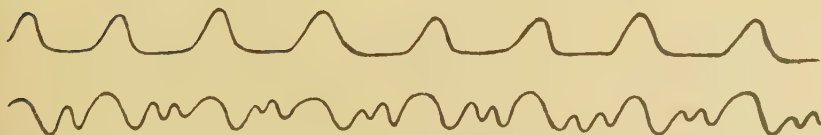


Abb. 88: Gf.30 Bei Aufgabe U1

Tabelle 30

Vorkommen von Grundform 29 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Po	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	A +	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	o	o	o	o	B +	o	o	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	A =	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Pr	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Pl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rH lU)r									o						
(rH lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

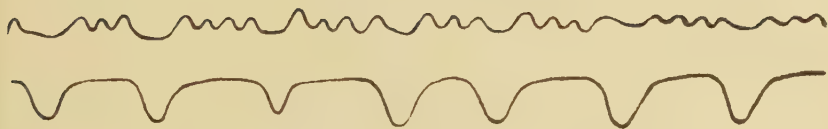


Abb. 89: Gf. 29 ~ Gf. 30 bei Aufgabe Ur



Abb. 90: Gf. 30 u. Gf. 29 ~ Gf. 2 u. Gf. 21 u. Gf. 27 bei Aufgabe Ur

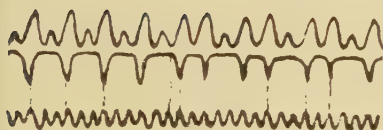


Abb. 91: Gf. 30 bei Sargus,
Aus v. Holst 1939
S. 236.

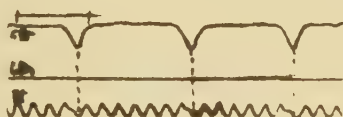


Abb. 92: Gf. 30 bei Labrus,
Aus v. Holst 1939
S. 256.

Der g.Rhythmus hält wieder nach jeder Schwingung an, der k. Rhythmus ist ständig tätig. Die Schwingung von ihm, deren Umkehrung mit der des g.Rhythmus zeitlich zusammenfällt, wird in den Aktionszeiten und meist auch der Amplitude vergrößert. Während der Bewegung kann der g.Rhythmus die Führung in sehr verschiedenem Ausmass übernehmen - so weitgehend, dass das k. Glied fast genau so wie das g.Glied bewegt wird oder so wenig, dass die k.Schwingung wie bei Grundform 13 nur während der Umkehrung des g.Rhythmus in Amplitude und Aktionszeiten etwas vergrößert wird. Zwischen diesen zwei Extremfällen gibt es viele

Übergänge. - In seltenen Fällen kann der g.Rhythmus, statt stille zu stehen, die Bewegung des k.Rhythmus leicht mitmachen, oder es werden während der Aktion des g.Rhythmus mehrere Schwingungen des k.Rhythmus in Aktionszeiten und Amplituden vergrößert.

Dem periodischen Dominanzwechsel bei den Grundformen 29 und 30 scheint meist kein Richtungswechsel der Aufmerksamkeit parallel zu gehen. Versuchspersonen, bei deren Bewegungen die Grundform 29 oder 30 auftrat, behaupteten, dass sie von Anfang an ziemlich gleichmässig an den g.Rhythmus oder an den k.Rhythmus oder an beide zugleich gedacht hätten, und beim Säugling kann sich die Lage der Dominanz periodisch von den Atembewegungen auf den Singultus und wieder zurück verschieben ("Pendelinduktion")(Peiper 1938).

Bei abnehmender Abhängigkeit beginnt die beeinflusste Schwingung des k.Rhythmus häufig nicht mehr gleichzeitig mit dem g.Rhythmus, sondern bis zu einer halben Phase später. Trotzdem äussert sich der Einfluss des g.Rhythmus auf den k.Rhythmus in derselben Weise. Wie bei den Grundformen 2, 16 und 17 scheint für die Richtung des Einflusses nicht die spezifische Phasenbeziehung entscheidend zu sein, sondern ob die Bewegungen in der Richtung zueinander verlaufen, in der sie bei absoluter Ordnung erfolgen oder nicht.

F Gf. 30 ~ Gfn. 2; 13; 21; 29; 31; 32.
Grundform 30 kommt so häufig vor, dass nur 2 der 15 P.-Versuchspersonen sich nicht darin bewegten (näheres s. Tab. 31).

$\frac{r}{m} A = 9\%$, $\frac{r}{m} B = 6\%$, $\frac{r}{m} C = 4\%$, $\frac{r}{m} o = 82\%$;

$\frac{r}{m} + = 70\%$, $\frac{r}{m} = = 35\%$.

C_{II}: Grundform 31.



Abb. 93: Schematische Zeichnung von Gf. 31

T a b e l l e 31

Vorkommen von Grundform 30 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	A +	o	o	A +	A +	o	o	o	o	A =	o
Ul	o	o	o	B +	o	A +=	C +	o	B +	A =	B	C =	C +	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				B +	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				A +=		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										A =					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	A =	o	o	o
Ol		o		o	B =	o	o	o		o	A +	C =	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					



Abb. 94: Gf.31 bei Aufgabe U1

Die Schwingungen des g.Rhythmus haben wie bei den Grundformen 24 und 25 einen kurzen und einen langen Ast. Während des kurzen Astes ist die Ko-Schwingung des k.Rhythmus in Aktionszeit und Amplitude dem g.Rhythmus etwas oder ganz angeglichen. Während des langen Astes bewegt sich der k.Rhythmus in Schwingungen, deren Amplitude und Aktionszeiten erheblich kleiner als die des g.Rhythmus sind, hin und her. Dabei sind die Amplituden der Ko-Schwingungen vergrößert und die der Dis-Schwingungen verkleinert und zwar etwa so, als hätte sich der g.Rhythmus - wie bei Grundform 2a - mit voller oder verkleinerter Amplitude den schnellen Schwingungen des k.Rhythmus überlagert.

M Gf.31 ~ Gfn. 2; 24; 25; 30; 32.

Vorkommen von Grundform 31 in den 15 P.-Versuchen: Tab.32.

$$\frac{r}{m} A = 3\%, \frac{r}{m} B = 4\%, \frac{r}{m} C = 93\%;$$

$$\frac{r}{m} + = 100\%, \frac{r}{m} = = 14\%.$$

C_{II}: Grundform 32.



Abb. 95: Schematische Zeichnung von Gf.32



Abb. 96: Gf.32 bei Aufgabe Ur

T a b e l l e 32

Vorkommen von Grundform 31 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	B +	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	A +	o	o	o	o	o	o	A +	o	o	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				A +	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				B +=		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	B +	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	B +	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o		o		o		o	o	o	o
(rB lU)r								o							
(rB lU)l								o							
(rU lB)r									o						
(rU lB)l									o						



Abb. 97: Gf. 32 ~ Gf. 31 ~ Gf. 30 bei Aufgabe Ur



Abb. 98: Gf. 32 bei Aufgabe Ur

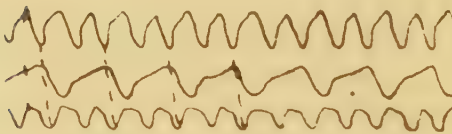


Abb. 99: Gf. 32 bei Labrus₂
Aus v. Holst 1939², S. 499.

Grundform 32 gleicht Grundform 31, doch haben bei den schnellen Schwingungen des k. Rhythmus während des langen Astes des g. Rhythmus die Amplituden und Aktionszeiten der Ko-Schwingungen etwa die gleiche Grösse wie die der Dis-Schwingungen.

F

Gf. 32 ~ Gfn. 2; 13; 24; 25; 30; 31.

Vorkommen von Grundform 32 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 33.

$\frac{r}{m} A = 3\%$, $\frac{r}{m} B = 5\%$, $\frac{r}{m} C = 1\%$, $\frac{r}{m} o = 92\%$;

$\frac{r}{m} + = 88\%$, $\frac{r}{m} - = 11\%$.

Die Grundformen 31 und 32 scheinen auf zweifache Weise entstehen zu können:

T a b e l l e 33

Vorkommen von Grundform 32 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	A +	o	o	o	o	o	o	B +	A +	o	o	o	o	o	o
Ul	C +	o	o	o	o	o	o	o	o	A =	o	o	C +	o	o
Uqr						o						o			o
Uql						o						B +			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			B +		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		o		o	o	o	o	o		o	o	B +	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

1. Es ist möglich, dass Phase und Gegenphase der beiden Rhythmen sich in unterschiedlichem Aktivitätszustand befinden und sich die Glieder beider Seiten nur während der langen Phase des g.Rhythmus in relativer Koordination bewegen, während bei der kurzen die Attraktion so stark ist, dass die Koordination dann fast absolut ist. - Für diese Deutung spricht, dass die Grundformen 31 und 32 leicht absichtlich nachgeahmt werden können, wenn man sich vornimmt, zwei Glieder während einer Phase in absoluter und während der Gegenphase in relativer Koordination zu bewegen.
2. Kommen die Grundformen 31 und 32 im Frequenzverhältnis 2:1 vor, gleichen sie Periodenbildern von Medulla-Fischen (vgl. Abb. 98 mit Abb. 99). Diese werden bei Phase und Gegenphase durch fortlaufende gegenseitige Attraktion und durch Superposition hervorgerufen.

C_{II}: Grundform 33.



Abb. 100: Schematische Zeichnung von Gf.33



Abb. 101: Gf.33 bei Aufgabe O1

Bei Beginn einer Phase des g.Rhythmus hält das k.Glied an oder bewegt sich mit stark verkleinerter Amplitude. Sobald er wieder in Aktion tritt, bleibt das g.Glied kurz stehen.

Diese Grundform kam - im Gegensatz zu den Grundformen 29-32 nur vereinzelt (höchstens 2-3mal hintereinander) und nur im Beginn von Übungen vor, bei denen das linke Glied eine höhere Frequenz haben sollte als das rechte. Eine Versuchsperson äusserte dazu: "Wenn ich an den Rechten denke, bleibt der Linke stehen und umgekehrt".

T a b e l l e 34

Vorkommen von Grundform 33 in den 15 P.-Versuchen

Versuchspersonen →

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ul	o	o	o	o	C +	o	C +	o	o	o	C +	o	C +	o	C +
Uqr						o						o			o
Uql						o						o			o
Hr				o	o			o		o			o		
Hl				o	o			o		o			o		
(rH lU)r				o				o		o			o		
(rH lU)l										o			o		
(rU lH)r				o						o			o		
(rU lH)l										o					
Or		o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ol		C +		o	o	o	C +	o		o	o	o	o	o	o
Br	o	o	o		o	o			o	o		o	o	o	o
Bl	o	o	o		o	o				o		o	o	o	o
(rB lU)r									o						
(rB lU)l									o						
(rU lB)r										o					
(rU lB)l										o					

Tab. 35: Überblick über die $\frac{r}{m}$ Werte der Grundformen

Gf.	A	B	C	o	+	=	/
1	33	25	4	36			
2	48	24	2	26	67	35	14
3	3	2	1	93			
4	4	8	11	76	80	20	1
5	0	0	0	0	0	0	0
6		2	3	95	75	25	-
7		4	16	78	96	4	-
8			18	81	100	5	-
9		2	3	95	100	-	-
10		5	9	85	93	7	-
11		3	6	91	100	-	-
12			5	95	100	-	-
13	1	4	8	87	71	29	-
14	23	19	5	51			
15	19	6	4	72			
16	19	8	5	68	78	27	12
17	24	33	8	35	91	21	9
18	1	18	13	68			
19	2	10	1	89			
20	2	3	1	94	50	33	33
21a	24	25	5	46			
21b	8	22	6	62			
21c	5	3	3	90			
22		5	5	91			
23	1	5	2	92	88	25	-
24		2	4	94			
25	1	8	3	78	77	16	1?
26	3	19	5	74			
27	1	11	4	84			
28	25	4	3	69	88	18	-
29	1	1		97	100	-	-
30	9	6	4	82	70	35	-
31	3	4		93	100	14	-
32	3	5	1	92	88	11	-
33			6	93	100	-	-

M

Gf. 33 ~ Gfn. 10; 11; 14; 21.

Vorkommen von Grundform 33 in den 15 P.-Versuchen: Tab. 34.

$\frac{r}{m} C = 6\%$, $\frac{r}{m} o = 93\%$;

$\frac{r}{m} + = 100\%$. ..

b) Die Koaktionslagen.

Bei Medulla-Fischen kommen zwischen verschiedenen Flossen nur antagonistische oder synergistische Koaktionslagen vor (v. Holst 1936, S.662), - zwischen den Strahlen einer Flosse die verschiedenartigsten, die sehr variabel sind (v.Holst 1939). Säugetiere bewegen bekanntlich gleichseitig angeordnete Extremitäten im Passgang alternierend und im Trab synchron. Im Schritt, Galopp und beim Klettern werden mannigfaltige Phasenbeziehungen angestrebt (s.Du Bois-Reymond 1930). Relative Koordination wurde durch v. H o l s t (1938/39) bei Hund und Pferd aus dem Schritt, Passgang und Trab beobachtet. - Beim menschlichen Tremor stellte J u n g (1941, S.280/281) fest, "dass am häufigsten (in den Beinen mehr als in den Armen) zwischen beiden symmetrischen Extremitäten eine Tendenz zu alternierender Tätigkeit, d.h. zu gegensätzlicher Phasenbeziehung besteht. Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Körperteilen, Armen und Beinen, Kopf, Facialis-Gebiet, waren dagegen nicht immer in bestimmte Regeln zu fassen. Nur in zwei Fällen fanden sich auch Beziehungen zwischen dem Tremor von Gesicht und Arm. Zwischen Arm und Bein ergab sich mehrfach ein Überwiegen gleichartiger Tätigkeit oder geringer Phasenverschiebung mit Vorangehen des Beines um 90° , Die zentrale Überlagerung wirkt am häufigsten gleichsinnig in den verschiedenen Extremitäten, d.h. sie bewirkt eine Erhöhung der Amplitude bei Phasenübereinstimmung mit gegenseitiger Verstärkung des Tremor". - Bei Willkürbewegungen des Armes und der Hand können zwei Muskeln (Ext.carpi ulnaris und radialis - Flex.carpi ulnaris und radialis) bzw. Muskelteile (Pars clavicularis und Pars spinalis des Deltoideus) je nach Intention synergistisch oder antagonistisch innerviert werden (Wacholder 1928, S.738).

Wie sind die Koaktionslagen bei willkürlicher relativer Koordination des Menschen?

Die Tabellen 36, 37 sollen einen groben Überblick über die Phasenbeziehungen, die bei den Aufgaben 7, 8 und 1 in den 15 P.-Versuchen angestrebt wurden, geben. Während bei Aufgabe 1 (absolute Koordination) die antagonistische und synergistische Koaktionslage etwa gleich oft vorkam ($\frac{r}{m} + = 51\%$, $\frac{r}{m} = = 49\%$)⁵⁾, war bei relativer Koordination jene sehr viel häufiger als diese ($\frac{r}{m} + = 79\%$, $\frac{r}{m} = = 33\%$)⁶⁾. In den Bewegungen von 12 P.-Versuchspersonen herrschte bei relativer Koordination die antagonistische Phasenbeziehung vor, in denen der Versuchspersonen Boe und Ba die synergistische, und bei der Versuchsperson Ebhielten sich beide die Waage. In 3 der 15 P.-Versuche war eine Tendenz zu gleichsinniger Tätigkeit nicht zu beobachten, zu gegensinniger in allen. Die meisten Versuchspersonen bewegten sich so, dass antagonistische und synergistische Beeinflussungsform abwechselnd oder sehr viel seltener gleichzeitig (s.S.77) auftrat. Innerhalb der Einzelversuche war die angestrebte Ordnungsform aber häufig gleichbleibend: in 50% der P.-Einzelversuche war sie immer gegensinnig und in 12% immer gleichsinnig. - In den Einzelversuchen, in denen das rechte Glied häufiger hin- und herbewegt werden sollte als das linke (Aufgabe 7), trat die gegensinnige Koaktionslage etwas häufiger und die gleichsinnige etwas seltener auf als bei den Einzelversuchen, in denen der linke Rhythmus der höher frequente sein sollte (Aufgabe 8): $\frac{r}{m}$ Aufgabe 7 + = 84%, $\frac{r}{m}$ Aufgabe 8 + = 74%; $\frac{r}{m}$ Aufgabe 7 = = 28%, $\frac{r}{m}$ Aufgabe 8 = = 34%. - Ein Vergleich der $\frac{r}{m}$ -Werte von Unterarm, Oberarm und Unterschenkel zeigt, dass die synergisti-

5) Die zwei Prozentzahlen beziehen sich nur auf die Ausführung von Aufgabe 1 durch symmetrisch angeordnete Glieder, da sie in den 15 P.-Versuchen aus Zeitmangel der Versuchspersonen durch unsymmetrische Glieder nur selten ausgeführt worden war.

6) Hierbei sind die ($\frac{+}{m}$) und ($\frac{-}{m}$) Koaktionslagen nicht mit eingerechnet, da diese getrennt berechnet sind.

Tab. 36: Die Koaktionslagen bei Aufgabe 1 in den 15 P.-
Versuchen

Vpn.	U	Uqu	H	O	B
Ku	$\frac{+}{=}$	=		+	/
Boe	=			=	=
Fra	+		+	+	
Eb	=	+		=	+
Fre	=			+	
Ba	+		+	+	+
Ru	$\frac{+}{=}$			=	+
Wo	=		=	=	
Ul	=			+	
Jä	=	+		=	=
Je	+		+	+	+
Ka	=		=	=	
Kra	=				$\frac{+}{=}$
Br	+			+	/
Ko	=				/

51% + 49% = 6% /

Tab. 37: Die Koaktionslagen bei Aufgabe 7 und 8 in den
15 P.-Versuchen.

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Fo	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	+ /	+	+	=+ /	+	$\frac{+}{7}$	+	+	+	=	+	=+	+	=	$\frac{+}{=}$ /
Ul	$\frac{+}{=}$ /	+	+	+	+	+	$\frac{+}{=}$	+	+	=	+	=+	$\frac{+}{=}$	=	$\frac{+}{=}$ /?
Uqr						=+						+			+
Uql						?						+			+
Hr					+			+		=+			+		
Hl				+	+			$\frac{+}{=}$		=			$\frac{+}{=}$		
(rH lU)r				=				=+		?			+		
(rH lU)l										=			$\frac{+}{=}$		
(rU lH)r				+						?			+		
(rU lH)l										=					
Or		+		$\frac{+}{=}$	+	+	$\frac{+}{=}$	$\frac{+}{=}$	+	+	+	=	+	=+	+
Ol		+		$\frac{+}{=}$?	=+	=	+	+		+	+	=	+	+	+
Br	$\frac{+}{=}$ /	+	+		+	=+			=+	+		+	+	$\frac{+}{=}$	$\frac{+}{=}$
Bl	+	+	$\frac{+}{=}$		+	=+				=+		=	+	3	$\frac{+}{=}$
(rb lU)r									=+						
(rb lU)l									=+	/					
(rU lB)r										/					
(rU lB)l										=					

sche Koaktionslage bei relativer Koordination der Oberarme am seltensten, und die antagonistische bei den Übungen der Unterschenkel und Oberarme häufiger als bei denen der Unterarme vorkam:

Unterarme : $\frac{r}{m} + = 77\%$, $\frac{r}{m} = = 33\%$;

Oberarme : $\frac{r}{m} + = 88\%$, $\frac{r}{m} = = 20\%$;

Unterschenkel: $\frac{r}{m} + = 90\%$, $\frac{r}{m} = = 38\%$.

Die Häufigkeit, in der gegensinnige und gleichsinnige Phasenbeziehung bei verschiedenen Grundformen angestrebt wurde, schwankte wohl etwas (s.Tab.35). Doch abgesehen von Grundform 83 liegen bei allen Grundformen, die auf eine bestimmte Phasenbeziehung gerichtet sind, die $\frac{r}{m}$ -Werte der antagonistischen Koaktionslage zwischen 67% und 100% und alle $\frac{r}{m}$ -Werte der synergistischen zwischen 0% und 35%. Die gegensinnige Phasenbeziehung herrschte also auch bei den Grundformen 2 und 16 sehr vor, während beim menschlichen Tremor, wie bereits referiert, Überlagerung meist in gleichsinniger Richtung erfolgt. (Grundform 20 kam zu selten vor (s.Tab.19), um aus dem $\frac{r}{m} = = 50\%$ einen Schluss ziehen zu können).

Die Abstammung des Menschen vom Vierfüssler legt die Frage nahe, ob bei Versuchspersonen, an deren alltäglichen Verhalten besonders stark "niedrige Zentren" beteiligt sind, die antagonistische Beeinflussungsform häufiger ist als bei Versuchspersonen, die weitgehend aus "höchsten Zentren" leben. Die Frage kann hier nur kurz gestreift werden. Bei Kindern unter 12 Jahren schien gleichsinnige Koaktionslage, so weit sich das ohne Auszählen eines grossen Materials beurteilen lässt, eher häufiger als seltener vorzukommen als bei Erwachsenen, - bei der Versuchsperson, die sich von allen untersuchten Versuchspersonen vielleicht am reflektiertesten bewegte, führten meist gegensinnige Bewegungen zu Aktionsverstärkung, während Versuchsperson Boe ein auffallend gelockerter, unmittelbar und "natürlich" lebendiger junger Biologie-Student ist. Dass der Passgang nur manchen Pferden zukommt und alle anderen Gangarten bei diesen ausschliessen kann (Du Bois-Reymond 1930), -

dass es Menschen gibt, bei denen die unwillkürlichen Mitbewegungen der Arme zu den Beinen derselben Seite im Gehen nicht alternierend, sondern synchron erfolgen, scheint ein Hinweis dafür zu sein, dass die Tendenzen zu bestimmten Koaktionslagen schon in "niederen Zentren" interindividuell unterschiedlich sind, Für eine Begünstigung der synergistischen Beeinflussungsform durch "höchste Zentren" scheint zu sprechen, dass sie in bestimmten Fällen häufiger auftrat als in anderen und zwar:

1.) bei dem Frequenzverhältnis 2:1 häufiger als bei grösseren Frequenzunterschieden, die im allgemeinen unreflektierter als jene ausgeführt wurden, 2.) in den meist sehr mühsamen Einzelversuchen, in denen das linke Glied den k.Rhythmus ausführen sollte häufiger als in den Einzelübungen, in denen der rechte Rhythmus der höher frequente war⁷⁾, 3.) bei den Bewegungen der Unterarme häufiger als bei denen der Oberarme und Beine, 4.) bei der einfachen, aber wohl meist sehr bewusst ausgeführten Aufgabe 1 (absolute Koordination) häufiger als bei relativer Koordination.

Die Einflussnahme der Rhythmen aufeinander ist beim Menschen nicht starr entweder auf alternierende oder synchrone Tätigkeit gerichtet, sondern sie kann um mehr oder weniger als 180° verschoben sein (//-Koaktionslage)(s.Abb.102, 103).



Abb. 102: //-Koaktionslage bei Aufgabe Ur

7) Bei gleichzeitiger antagonistischer und synergistischer Koaktionslage war das rechte Glied häufiger gleichsinnig beeinflusst als das linke Glied.



Abb. 103: Synergistische und //-Koaktionslage gleichzeitig bei Aufgabe U1

Doch kam die //-Koaktionslage bei relativer Koordination ziemlich selten vor ($\frac{T}{m} // = 14\%$, nach Tab.37 errechnet), war meist nicht stabil und fand fast nur bei den Grundformen 2, 16 und 17 statt. Da die Trägheits- und Elastizitätskräfte, denen bei den Bewegungen der schweren menschlichen Glieder eine grosse Bedeutung zukommt, beim k.Glied eine andere Rolle spielen als beim g.Glied, ist es erstaunlich, dass die Koaktionslagen bei relativer Koordination meist antagonistisch oder synergistisch und die //-Beeinflussungsformen selten sind. Nach den Untersuchungen Wacholders (1928) finden ja nur bei den Hin- und Herbewegungen, deren Frequenzen beim Unterarm knapp 1 und bei der Hand knapp 2 pro Sekunde nicht übersteigen, der Wechsel in der Muskelinnervation und die Bewegungsumkehr etwa gleichzeitig statt. Bei Hin- und Herbewegungen, deren Frequenzen höher liegen, setzen die Aktionsströme des Beugers oder des Streckers schon bis zu einer halben Phase vor der Bewegungsumkehr ein. Danach könnte erwartet werden, dass bei einer schwachen Superposition eines k.Rhythmus auf einen g.Rhythmus (Grundform 16 I) der Einfluss auf den g.Rhythmus schon vor der Umkehr des k. Rhythmus in der Bewegung des g.Rhythmus in Erscheinung träte. Das konnte aber nicht eindeutig oder nicht in der Regel beobachtet werden, und als bei Versuchspersonen, bei denen die Grundformen 2, 16 oder 17 auftraten, die Trägheits- und Elastizitätskräfte durch Federzüge oder durch Anhängen eines Gewichtes sehr verändert wurden, blieb die Koaktionslage weiterhin genau gleich- oder gegensinnig, obgleich nach Wagner (1925, S.80) bei gleicher Bewegungsrichtung entgegengesetzte Muskeln tätig sind, wenn der Arm entgegen dem starken Zug von Schraubenfedern bewegt werden muss, verglichen mit dem Fall, dass

hauptsächlich Trägheitskräfte angreifen. Das spricht dafür, dass die Einflussnahme der zentralen Rhythmen aufeinander nicht hauptsächlich im Rückenmark erfolgt sondern auf einer Integrationsstufe, auf der die Unterschiede zwischen Muskelinnervationen und Gliedbewegungen bekannt sind. - Doch war bei zwei Versuchspersonen, deren rechtes Bein kurz unterhalb des Knies amputiert war, die Koaktionslage auffallend labil, wenn die Unterschenkel in relativer Koordination bewegt wurden, und auch bei gesunden Versuchspersonen schwankten die angestrebten Phasenbeziehungen bei den Bewegungen der schweren Unterschenkel mehr als bei denen anderer Gliederpaare. Darum können die Gründe für die //-Koaktionslagen manchmal in der unterschiedlichen Wirkung der Trägheits- und Elastizitätskräfte rechts und links gesucht werden. In anderen Fällen scheinen //-Koaktionslagen schon von den zentralen Elementen, die die Bewegungen steuern, angestrebt zu werden, da //-Koaktionslagen einen allmählichen Übergang von antagonistischer zu synchroner Ordnung bilden können.

Zwei Beinamputierte und eine gesunde Versuchsperson bewegten ihre Beine auch bei Aufgabe 1 (absolute Koordination) mit einer Phasenverschiebung von mehr oder von weniger als 180° (s.Tab.36)⁸⁾. Ein Beinamputierter hatte dabei den Eindruck, seine Beine genau alternierend zu bewegen, und als er sie dann mit einer Phasenverschiebung von 90° bewegen sollte, waren die Bewegungen etwa genau gegensinnig. Die gesunde Versuchsperson gab an, dass die Verschiebung um ca. 90° psychisch bedingt sei: "Das Tapp-Tapp ist dadurch, dass es nicht ganz gleichmässig ist, dynamischer und gefällt mir besser." Als andere Versuchspersonen in Sonderaufgabe 4 aufgefordert wurden, die Glieder im Rhythmenverhältnis 1:1 zu bewegen, aber ein Glied um eine Viertelphase hinter dem anderen nachhinken zu lassen, ging es allen, die es versuchten, "gegen den Strich", und mehrere Versuchspersonen konnten es auch nach einigem Probieren nicht. Wenn es gelang, waren die Bewegungen auf

8) Bei Ausführung der Aufgabe 1 durch einen Arm und einen Unterschenkel wurde die //-Koaktionslage bei gesunden Versuchspersonen mehrfach beobachtet.

einer oder beiden Seiten häufig nicht normal sinusförmig, sondern jeweils während der Disaktion verlangsamt, stillstehend oder ohne sichtbare Regel deformiert (s. Abb. 104).



Abb. 104: Aufgabe 4 ausgeführt durch die Unterarme

Während für Fische nach v. H o l s t (1939, S.489) gilt, dass es stets die gleiche Phasenbeziehung ist, in der Rhythmus a den Rhythmus b und dieser wiederum den Rhythmus a festzuhalten sucht, kann beim Menschen Rhythmus a den Rhythmus b in synergistischer und dieser den Rhythmus a gleichzeitig in antagonistischer Richtung beeinflussen (Abb. 105). Die komplizierten Periodenbilder kamen auch bei Kindern und einfachen Handwerkern vor.



Abb. 105: Synergistische und antagonistische Koaktionslage gleichzeitig bei Aufgabe Or

Nach 4-10 Perioden kam es meist zu identischer Koaktionslage.
Nach Tabelle 37 beträgt: $\frac{r}{m} (\pm) = 10\%$, $\frac{r}{m} (\pm) = 4\%$.

Ein anderer Unterschied zwischen den Verhältnissen bei Medulla-Fisch und Mensch besteht darin, dass sich beim Menschen die Einflüsse zweier Rhythmen auf einen dritten nicht gegenseitig

aufheben können, und dass, was damit zusammenhängt, die Beeinflussung von symmetrisch angeordneten Gliedern bei relativer Koordination nicht immer in gegensinniger, sondern auch in synergistischer Richtung erfolgen kann. Beim Medulla-Fisch kommt nach v. H o l s t (1936², S.262) das Alternieren beider Brustflossen dadurch zustande, dass ihre Automatismen gleichsinnig arbeiten, aber "die einander entsprechenden motorischen Zellen der rechten und linken Flosse auf den gleichen automatischen 'Reiz' entgegengesetzt (reziprok) ansprechen, ganz ebenso wie beide Schwanzhälften". Deshalb addieren sich die beiden Automatismen der Brustflossen in ihrer Wirkung auf den Schwanz- und Rückenflossenrhythmus, wenn beide Rhythmen alternierend schwingen, und neben sich auf, solange die Brustflossen synchron schwingen, und deshalb superponiert sich ein Brustflossenrhythmus auf den anderen immer in antagonistischer Richtung. Dagegen sind beim Menschen die Bewegungen der Beine noch abhängiger von denen der Arme, wenn beide Arme gleich- oder gegensinnig in Schwingung sind, als wenn nur ein Arm hin- und herbewegt wird, und beeinflusst bei den Aufgaben Ur und Ul oder Or und Ol ein Arm den anderen sowohl synergistisch als auch antagonistisch. Vielleicht können die motorischen Zellen beider Seiten auf zentrale Impulse sowohl gegensinnig als auch gleichsinnig reagieren. Wie es möglich ist, dass synergistische und antagonistische Koaktionslage gleichzeitig stattfinden können, lässt sich bis jetzt in keiner Weise sagen, wie es auch noch unklar ist, warum "zwischen zwei bestimmten Flossenstrahlen eine gewisse, zwischen zwei anderen eine andere Koaktionslage angetrebt wird" (v.holst 1939, S.285).

c) Die Dominanz.

Da die zentralnervösen Vorgänge, die den menschlichen Bewegungen zugrunde liegen, noch weitgehend unbekannt sind, wird der Dominanzbegriff hier weiter als bei v. H o l s t gefasst.

Rhythmus a dominiert über Rhythmus b heisst hier, dass Rhythmus b von Rhythmus a stärker beeinflusst wird als umgekehrt, wobei offen bleibt, ob die Beeinflussung durch Magnet-Effekt, Superposition oder andere Mechanismen bewirkt wird. - Aus der Unkenntnis der Faktoren und aus der Verschiedenartigkeit der Abweichungen von der normalen, etwa sinusförmigen Gestalt (z.B. Gf. 2a rechts und Gf.18 links), ergibt sich, dass die Lage der Dominanz eigentlich nur dann bestimmt werden kann, wenn die Beeinflussung einseitig ist, oder wenn auf beiden Seiten reine Überlagerung vorzuliegen scheint. Das kommt aber selten vor. Deshalb wird auch dann, wenn Rhythmus a bei Rhythmus b erheblich umfangreichere Abweichungen hervorruft als umgekehrt, angenommen, dass Rhythmus a über Rhythmus b dominiert. Obgleich es meist unentschieden bleiben muss, welcher Rhythmus führt, wird Tabelle 38 doch einen groben Überblick über die Dominanzverhältnisse in den 15 P.-Versuchen geben.

Aus der Tabelle lässt sich ersehen:

- 1.) Es kann sowohl der k.Rhythmus über den g.Rhythmus als auch der g.Rhythmus über den k.Rhythmus dominieren. Der letztere Fall kam seltener vor als der umgekehrte:

$$\frac{r}{m} \text{ I+II} = 34\%, \quad \frac{r}{m} \text{ III+IV} = 9\%.$$

Es lässt sich daraus schliessen, dass bei einem Rhythmus die Stärke seiner Beharrungstendenz oder seine Fähigkeit, einen anderen Rhythmus zu beeinflussen, von der Frequenz so abhängen können, dass mit steigender Frequenz jene begünstigt werden. Das ist erstaunlich, da für Medulla-Fische gilt, dass der langsamere Rhythmus häufiger führt als umgekehrt (v.Holst 1938, S.4), die Stärke seiner Einwirkung im allgemeinen mit der Amplitudengrösse seiner Flossenbewegungen parallel geht (v.Holst 1939 I, S.269), und die Beharrungstendenz eines Rhythmus von der jeweiligen Frequenz nicht mitbestimmt wird (v.Holst 1939 II, S.486). Doch bei den corticalen Rhythmen des Elektrencephalogramms und beim Tremor kann die Lokalisation und Auswirkung des beeinflussenden "Focus" eine Funktion der Stärke des Rhythmus sein, die aus Frequenz und Amplitude zu erschliessen ist (Jung 1941)

Tab. 38: Die Lage der Dominanz bei Aufgabe 7 und 8 in den
15 P.-Versuchen.

Versuchspersonen →

← Versuchsaufgaben

	Ko	Br	Kr	Ka	Je	Jä	Sch	Wo	Ru	Ba	Po	Eb	Fr	Bä	Ku
Ur	-	-	IV?	-	I	-	-	I ⁻ IV?	I ⁻ IV	-	I ⁻	-	I ⁻	-	-
Ul	III	-	-	-	-	II	IE	II	-	-	II	II	II?	II?	II
Uqr						-						-			-
Uql						III?						-			-
Hr				-	I			-		I			I		
Hl				-	-			-		II?			-		
(rH lU)r				IV				I		-			I		
(rH lU)l										II					
(rU lH)r				IV						-			-		
(rU lH)l										-					
Or		-		IV	-	-	-	I	IV	I	I	-	-	-	IV I?
Ol		-		-	II	III	-	II		II	II?	II?	III	-	II?
Br	IV I	IV?	I	-	I	I			-	I?		I	I	I	I
Bl	-	-	-		II	II				-		II	II	II	-
(rB lU)r									I?						
(rB lU)l									-	-					
(rU lB)r															
(rU lB)l										-					

- 2.) Nach der Tabelle war der k.Rhythmus dann häufiger dominant, wenn er rechts lag, als wenn er durch das linke Glied ausgeführt wurde:

$$\frac{r}{m} \text{ I} = 21\%, \frac{r}{m} \text{ II} = 13\%.$$

Doch beim g.Rhythmus, auf den die Versuchspersonen meist die Aufmerksamkeit während Aufgabe 7 gerichtet hatten, war es gerade umgekehrt:

$$\frac{r}{m} \text{ III} = 2\%, \frac{r}{m} \text{ IV} = 7\%,$$

so dass das linke Glied fast ebenso oft führend war wie das rechte Glied:

$$\frac{r}{m} \text{ I} + \text{III} = 23\%, \frac{r}{m} \text{ II} + \text{IV} = 20\%.$$

Werden auch die unsichereren Fälle hinzugerechnet, ist der Unterschied zwischen rechts und links noch geringer:

$$\frac{r}{m} \text{ I} + \text{III} + \text{I?} + \text{III?} = 28\%, \frac{r}{m} \text{ II} + \text{IV} + \text{II?} + \text{IV?} = 29\%.$$

Die wohl etwas grössere Beeinflussbarkeit des linken Gliedes scheint dadurch, dass die Aufmerksamkeit mehr auf das linke als auf das rechte Glied gerichtet wurde, etwas oder ganz ausgeglichen zu werden (s.S.82 und 94).

- 3.) Das Erregungsgleichgewicht zwischen den zwei Rhythmen ist ziemlich stabil. Wenn von dem periodischen Dominanzwechsel der Grundformen 28d, e, 29, 30 abgesehen wird, wechselte die Dominanz innerhalb einer Einzelübung selten von einem Glied zum anderen.



Abb. 106: Zwei fast aufeinander folgende Kurvenstücke, die auf einen Zusammenhang zwischen Amplitudengrösse und Lage der Dominanz hinweisen. Bei + ein Fehler der Registrierung.

Nicht aus der Tabelle, aber oft aus den Kurven ist zu ersehen, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Amplitudengrösse eines Rhythmus und der Stärke seines Einflusses oder seiner Beharrungstendenz besteht (s. Abb. 106). Doch wuchs auch bei gleichbleibendem Frequenzunterschied nicht immer mit der Amplitude auch der Einfluss auf den anderen Rhythmus. Das könnte daran liegen, dass, wie bei den Fischen, motorische Elemente getrennt von den zentralen rhythmischen Elementen, die die Bewegung steuern, erregt werden können, oder auch daran, dass die Stärke eines Rhythmus nicht nur von seiner Amplitude und Frequenz abhängt. Einer dieser hinzukommenden Faktoren scheint beim Menschen die Richtung der Aufmerksamkeit zu sein. Bemühten sich Versuchspersonen darum, bei einem Glied eine bestimmte Abweichung, z.B. das Anhalten am Umkehrpunkt, nicht aufkommen zu lassen, so wurden manchmal, aber durchaus nicht immer, die Bewegungen dieses Gliedes ebenmässiger und gleichzeitig die Bewegungen des anderen Gliedes abhängiger als vorher, so dass die Gesamtgebundenheit etwa konstant blieb. Dasselbe trat auch dann hin und wieder ein, wenn die Aufmerksamkeit willkürlich von einem Glied auf das andere gelenkt wurde, ohne dass sich die Versuchsperson dabei bemühte, eine bestimmte Abweichung auszumerzen. Doch wie schwer es sein kann, die Lage der Dominanz willkürlich zu bestimmen, zeigt u.a. die Äusserung einer Versuchsperson bei Aufgabe U1: "Ich habe den Eindruck, als ob der linke Arm sich dem rechten unterordne. Wenn der rechte langsam geht, macht der linke unwillkürlich eine Pause oder einen Ruck, damit er sich dem Tempo des rechten anpasst, obgleich ich doch will, dass das Tempo des linken dominiert."

Eine lose Beziehung scheint noch zwischen der Lage der Dominanz und der Grösse oder Schwere des bewegten Gliedes zu bestehen. Bei den zwei Versuchspersonen Brei und Ko, deren rechtes Bein etwa 25 cm unterhalb des Knies amputiert war, wurde der linke Unterschenkel erheblich stärker beeinflusst, wenn die Prothese angezogen war, als wenn nur der Stumpf bewegt wurde. Versuchsperson Ko äusserte sich dazu: "Wenn ich die Prothese anhabe, muss ich viel mehr achtgeben und mich viel mehr auf das

linke Bein konzentrieren, damit es nicht mit dem rechten geht, als wenn ich nur den Stumpf bewege. Das Prothesengewicht hat so grossen Einfluss." Die Stärke des rhythmischen Erregungsprozesses scheint je nach der Schwere oder Grösse des Gliedes gesteigert werden zu können. - Eine Versuchsperson, deren rechter Unterarm etwa 21,5 cm unterhalb des Ellbogengelenks amputiert war, konnte die Phantomhand und die gesunde Hand in relativer Koordination nur dann bewegen, wenn die Phantomhand den k.Rhythmus ausführte, - also den Rhythmus, dessen Beharrungstendenz durch die Höhe der Frequenz begünstigt war und der deshalb die Schwächung, die die Gewichtslosigkeit des Phantomgliedes mit sich brachte, vertragen konnte.⁹⁾ Wenn die Phantomhand mit geringerer Frequenz als die gesunde Hand bewegt werden sollte, "überschlug sich das Phantomglied geradezu, um in die Frequenz der gesunden Hand zu kommen". - Wurde von gesunden Versuchspersonen eine Hand und ein Unterarm, also ein leichtes und ein schweres Glied, in relativer Koordination bewegt, so war die Abhängigkeit sowohl bei Aufgabe 7 als auch 8 sehr viel geringer, wenn die Hand den k.Rhythmus ausführen sollte als umgekehrt. Doch können die Gründe dafür, dass die Aufgabe $(rU\ LH)_r$ allen Versuchspersonen, die es versuchten, grössere Schwierigkeiten machte als Aufgabe $(rH\ lU)_r$, nicht allein darin liegen, dass der k.Rhythmus dem g.Rhythmus an Stärke zu sehr überlegen ist, wenn er durch den Unterarm ausgeführt wird, denn auch die Versuchspersonen, die bei Aufgabe $(rU\ LH)_r$ die Handbewegungen dominieren liessen, indem sie die Amplituden der Unterarmbewegungen stark verkleinerten, waren bei Aufgabe $(rU\ LH)_r$ abhängiger als bei Aufgabe $(rH\ lU)_r$. Es müssen also bei der unterschiedlichen Schwierigkeit dieser Aufgaben noch andere Gründe hineinspielen. Dafür scheinen in Frage zu kommen:

- 1.) Das Bewegen der Glieder könnte umso schwieriger sein, je weiter sich die Frequenz ihrer Rhythmen von der Frequenz bei der die günstigsten Bedingungen für ein Zusammenwirken von aktiven und passiven Kräften gegeben sind, entfernen. Bei den Bewegungen des Unterarms liegt diese Optimalzone

9) Während der Bewegungen des Phantomgliedes waren die der gesunden Hand nicht so fliessend und glatt wie ohne relative Koordination, zeigten aber keine ausgeprägten Abweichungen.

bei knapp 1 und bei Schwingungen des Handgelenks bei knapp 2 pro Sekunde (s. Wacholder 1928, S. 658).

- 2.) Es ist möglich, dass - ähnlich wie bei den Fischen - den verschiedenen zentralen Elementen, die die Bewegung steuern, unterschiedliche, den Gliedern spezifische, interindividuell etwas variable Frequenzzonen besonders entsprechen¹⁰⁾ und dass Bewegungen, deren Frequenzen in dieser Zone oder ihr angenähert liegen, weniger Aufmerksamkeit erfordern, leichter "automatisiert" werden können als Bewegungen mit einer sehr verschiedenen Frequenz.

Wurde bei Aufgabe Ur in eine Hand ein Kilogewicht genommen, verlagerte sich die Dominanz meist nicht. Das spricht dafür, dass die Motoneurone - wie beim Medulla-Fisch - getrennt von den zentralen rhythmischen Elementen, die die Bewegung steuern, Impulse erhalten können. Diese Annahme wird dadurch bekräftigt, dass bei Aufgabe 12 die ausgelösten Patellarsehenreflexe ohne erheblichen Einfluss auf den anderen Rhythmus blieben, und dass Aufgabe 9 auch den Versuchspersonen ohne Mühe gelang, die sich nur sehr abhängig in relativer Koordination bewegen konnten.

d) Die Frequenzen.

Da Frequenz und Amplitude Zeichen der Stärke eines Rhythmus sein können, liegt es nahe, zu erwarten, dass die Rhythmen ihre Eigenfrequenz umso leichter durchsetzen können, je weniger ein Rhythmus dem anderen an Stärke unterlegen - je geringer der Frequenzunterschied ist. Den meisten, aber nicht allen Versuchspersonen fiel jedoch - subjektiv vielleicht noch mehr als objektiv - relative Koordination sehr viel leichter, wenn der Unterschied in den Frequenzen beider Rhythmen gross (4:1-16:1) war, als wenn er nur gering ($3:1 - \sqrt[3]{2}:1$) sein sollte, obgleich bei einem grossen Frequenzunterschied die Ak-

¹⁰⁾ Von hier aus gesehen ist es sehr fragwürdig, dass die Klopffrequenz durch Frischeisen-Köhler (1933) als Beispiel für eine geistige Eigenschaft erbbiologisch untersucht wurde.

tionszeiten erheblich von der bei Aufgabe 1 gewählten angenehmsten Aktionszeit differieren mussten. Die Überlegenheit des k.Rhythmus wurde meist wenigstens etwas dadurch ausgeglichen, dass mit dem grossen Frequenzunterschied eine reziproke Differenz in den Amplituden einherging, die sich im allgemeinen verringerte oder verschwand, sobald sich die Frequenzen annäherten. Die Aufforderung an Versuchspersonen während einer Übung, den Frequenzunterschied zu verringern, hatte fast immer dieselbe Wirkung wie die, die Amplituden auszugleichen. - Versuchspersonen gaben an, dass sie bei grossem Frequenzunterschied die Bewegungen beider Glieder besser unterscheiden könnten und sie deshalb weniger leicht "durcheinander" kämen als bei kleinem Frequenzunterschied. Der zentralnervöse Grund dürfte bei der Annahme, dass zwischen beiden Rhythmen Magnet-Effekt oder Superposition wirksam ist, wohl darin zu suchen sein, dass eine sehr viel grössere Attraktionskraft benötigt wird, um einen Rhythmus, der sich in seiner Frequenz stark unterscheidet, "einzufangen" oder zu spalten als einen Rhythmus, dessen Frequenz der eigenen angeähert ist. Auch bei den corticalen Rhythmen des Elektrencephalogramms ist die Synchronisierung, der Zusammenhalt stärker, wenn die Frequenzen angenähert sind (bei den langsamen Berger-Rhythmen), als wenn sie mehr differieren. - Warum einigen Versuchspersonen von Anfang an ein kleiner Frequenzunterschied viel leichter fiel als ein grosser Frequenzunterschied - nicht nur solchen, die sehr reflektiert waren und deshalb die übersichtlichen 2:1, 3:1 Relationen bevorzugten, sondern auch solchen Versuchspersonen, die sich besonders unmittelbar bewegten, - und warum es gut eingeübten Versuchspersonen nicht schlechter gelingt, einen grossen Frequenzunterschied mit beiderseits gleichen Amplituden auszuführen als den Unterschied in der Stärke der Rhythmen durch eine reziproke Differenz in den Amplituden etwas auszugleichen, ist noch ungeklärt. Bei Fischen treten Frequenzunterschiede über 3:1 nur dann auf, wenn ein Rhythmus pausenbildend ist, und es kommen 6:5, 7:8 Frequenzverhältnisse häufig vor.

Nach B e t h e (1931, S.1195) stellt sich bei Bewegungen zweier Hände in verschiedener Frequenz "immer eine zeitliche Beziehung derart her, dass die eine Bewegung ein gerades Vielfaches der anderen ist". Dies kann nicht bestätigt werden. Es kamen nicht nur - besonders bei grossem Frequenzunterschied - häufig unganzzahlige Relationen vor, sondern sie wurden von einigen Versuchspersonen offensichtlich bevorzugt. Eine Versuchsperson konnte ihre Unterarme zwar fast ganz unabhängig im Verhältnis 2:1 hin- und herschwingen, doch wenn sie sie in der Frequenzrelation bewegen sollte, die sie bei relativer Koordination am angenehmsten und harmonischsten empfände, verhielten sich die Frequenzen der Rhythmen wie $2 \frac{1}{2}:1$. Die Mehrzahl der Versuchspersonen bevorzugte aber bei geringem Frequenzunterschied ganzzahlige Beziehungen, - z.T. wohl deshalb, weil dabei 1.) die schwierigen Umkehrpunkte auf beiden Seiten zeitlich so weit wie möglich zusammenfallen und 2.) die Phasenbeziehungen der Rhythmen sich während benachbarter Schwingungen des g.Rhythmus gleichen und mit dem Bewusstsein leicht zu erfassen sind. Diese ganzzahligen geringen Frequenz-Unterschiede (2:1; 3:1; 4:1;) waren im allgemeinen stabiler und auch für Transpositionen auf andere Glieder oder in andere Geschwindigkeiten geeigneter als unganzzahlige oder höhere oder niedere Frequenzunterschiede. Stabile Frequenzrelationen unter 2:1 gelangen nur solchen Versuchspersonen, die sehr viel musiziert hatten, - hohe Frequenzunterschiede (9:1-16:1) gingen meist ständig in benachbarte über. - Bei Medulla-Fischen sind die Frequenz-Relationen umso stabiler, je einfacher sie sind, - also 2:1 Verhältnisse stabiler als 3:1 Relationen usw.. Doch sind auch noch 6:5, 7:8 Frequenzunterschiede recht konstant.

Nach W a c h o l d e r (Wacholder 1925, 1928) führen gesunde Versuchspersonen unterhalb einer Frequenzzone, die beim Unterarm bei etwa $\frac{2}{3}$ Schwingungen pro Sekunde liegt, keine in sich gebundenen, fortlaufenden Bewegungen aus, sondern sie reihen kleine Beugungen und Streckungen aneinander. Mit dieser Frequenzgrenze geht kein Wandel in den Grundformen parallel. Sehr langsame Schwingungen ($\frac{1}{6}$ Schwingung pro Sekunde) zeigen und bewirken noch Periodenbilder (Grundform 2 und

16), die beim Tremor durch Jung gefunden wurden.

Für die Vermutung von v. H o l s t (1939 I, S.274), dass der zentrale Prozess, der bei einer Bewegung "die jeweilige Richtung und den Zeitpunkt des Richtungswechsels (d.i. bei wiederholten Bewegungen die Frequenz)" ordnet, schwerer durch Willküreinfluss variiert werden kann als der Vorgang, der die Amplitude bestimmt, liessen sich keine neuen Anhaltspunkte finden. Bei Aufgabe 5, in der ein Unterarm unter möglichst häufigem, ungeordnetem Wechsel der Geschwindigkeit und der Amplitude hin- und herbewegt werden sollte, wurden die Frequenzen und Amplituden meist von Bewegung zu Bewegung erheblich variiert, während die Geschwindigkeit gleichsinniger Phasen häufig verhältnismässig konstant blieb und sich nur ruckweise nach mehreren Bewegungen stark änderte oder nur allmählich ab- und zunahm (s. Abb. 107, 108). Auch dann, wenn gefordert wurde, mit einem oder beiden Gliedern fortlaufend einen Amplitudenalternans auszuführen, hatte die grössere Bewegung meist die Geschwindigkeit der kleineren Schwingung und wurde die Vergrösserung der Amplitude durch eine Verlängerung der Aktionszeit erreicht, so als würde die Stärke des rhythmischen Erregungsprozesses möglichst konstant gehalten. Die leichte Variabilität der Frequenz zeigte sich auch darin, dass dann, wenn bei den Hauptaufgaben 7 oder 8 vom Versuchsleiter ein Glied angehalten wurde, während



Abb. 107: Aufgabe 5 ausgeführt durch einen Unterarm



Abb. 108: Aufgabe 5 ausgeführt durch einen Unterarm

sich das andere davon möglichst unbeeinflusst weiterbewegen sollte, die Durchschnittsfrequenz nicht immer wie bei den Fischen erhalten blieb, sondern die Aktionszeit des g.Rhythmus dann häufig verringert und die des k.Rhythmus häufig erhöht wurde, ohne jedoch - von Ausnahmen abgesehen - etwa die gleiche Höhe zu erhalten wie zu Beginn bei Aufgabe 1 (absolute Koordination). - Die leichte Variabilität der Frequenz, die sich auch in der bekannten Neigung des Menschen, gleichförmig rhythmische Bewegungen periodisch zu gestalten, zeigt, schliesst aber nicht aus, dass, wie S. 62 besprochen, die Frequenzen zweier Rhythmen sehr viel stärker aneinander gebunden sind als die Amplituden.

e) Die Grösse der Abhängigkeit.

1.) Die Schwierigkeiten ihrer Bestimmung .

Leider lassen sich beim Menschen über die Grösse der gegenseitigen Abhängigkeit von verschiedenen frequenten, gleichgerichteten Hin- und Herbewegungen zweier Glieder (kurz: Abhängigkeit, Bindung, Kopplung) nur sehr ungenaue Angaben machen, weil sich die Abhängigkeit auf verschiedene Weise äussern kann, die unterschiedlichen Weisen nicht auf einen zentralen Nenner gebracht werden können und ein quantitatives Auswertungsverfahren nicht möglich ist. Die wichtigsten Abhängigkeitsweisen seien hier noch einmal kurz zusammengefasst:

- a) Der abhängige Rhythmus wird in der Weise beeinflusst, dass durch die Einwirkung die Koaktion verstärkt wird.
- b) Der abhängige Rhythmus wird gestört, ohne dass die Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt in klarer Korrelation zu den Phasen des anderen Rhythmus stehen.
- c) Der abhängige Rhythmus wird sowohl während Dis- als auch Ko-Schwingungen des beeinflussenden Rhythmus angehalten.

- d) Die Bewegungsformen des abhängigen Rhythmus sind sehr instabil, - d.i. verschiedene Grundformen treten in häufigem Wechsel auf.
- e) Es können nur Frequenzunterschiede in bestimmten Lagen (meist über 2:1) ausgeführt werden.
- f) Zwei Glieder können nur dann gleichzeitig in verschiedenen Frequenzen bewegt werden, wenn die Amplitude des k.Rhythmus kleiner oder ebenso gross ist wie die des g.Rhythmus.

Die Verschiedenartigkeit der Abhängigkeitsweisen ist aber nicht der einzige Grund für die Ungenauigkeit in den Angaben über die Grössen der Kopplung, sondern es treten noch folgende hinzu:

- a) Werden zwei Glieder in relative Koordination eingeübt, so kann dadurch auch schon die Kopplung zwischen ruhenden Gliedern etwas gelöst werden. Dieser Vorgang der Mitübung spielte bei mehreren Versuchspersonen eine so grosse Rolle, dass die Oberarme bei kurzem Probieren vor einer langen Einübung der Unterarme nur im Frequenzverhältnis 1:1 bewegt werden konnten, nachher aber spontan in relativer Koordination. Andere Versuchspersonen mussten dagegen jedes folgende Gliederpaar anscheinend neu in relativer Koordination einüben. Wurden sie dabei vom Versuchsleiter aufgefordert, sich intensiv daran zu erinnern, wie die Unterarme in relativer Koordination bewegt worden waren, so trat dann manchmal plötzlich eine Lockerung oder Stabilisierung ein, häufiger blieb die Aufforderung aber ohne sichtbare Wirkung. Die Transposition der Einübung auf andere Glieder schien leichter möglich zu sein als von Aufgabe 7 zu Aufgabe 8 bei denselben Gliedern, sie gelang aber auch da, wie Abbildung 109 zeigt. Gründliche Angaben über die Grösse der Abhängigkeit bei verschiedenen Gliedern würden deshalb erfordern, dass die Glieder immer wieder in wechselnder Reihenfolge ganz kurz geübt würden.



Abb. 109: Bei Ausführung von Aufgabe U1 erinnerte sich die Versuchsperson an "das harmonische ganzzahlige Schwingen bei Aufgabe Ur".

Die Möglichkeit, die Einübung auf ungeübte Glieder zu transponieren, scheint ein klarer Hinweis dafür zu sein, dass der Ort der Koordinierung nicht oder nicht nur im Rückenmark sondern wenigstens teilweise in höheren Anteilen des Centralnervensystems liegt.

- b) Ergebnisse von lebensfremden, isolierenden Leistungsprüfungen geben kein bestimmtes Mass für das Verhalten der Versuchsperson bei der Erfüllung von Aufgaben im praktischen Leben, wie die Untersuchungen elementarer Funktionen der Wahrnehmung bei Hirnverletzten zeigten (vgl. Jaspers 1946, S. 134). Für Psychologen und Naturwissenschaftler waren unsere Versuche viel eher eine Aufgabe, die als ein Ganzes ihren Sinn hatte, als für Handwerker und Hausfrauen, die durch die Abstraktheit der Versuche teilweise deutlich gehemmt waren. Kinder schienen sich dagegen dank ihrer zweckfreien Spielfreudigkeit meist eher in "ihrem Element" zu fühlen als Handwerker und Hausfrauen. - Die Isoliertheit der Aufgaben zeigte sich, wie bereits gesagt, auch darin, dass einige Versuchspersonen immer wieder dazu neigten, bei relativer Koordination der Unterarme auch die Oberarme stark zu bewegen, und dass bei diesen kopfwärts kreisenden Bewegungen, die an das Springen und Laufen von Vierfüssern erinnerten, die gegenseitige Abhängigkeit geringer war als bei den geforderten Bewegungen. Gründliche Angaben über die Grösse der Abhängigkeit würden deshalb Parallelversuche erfordern, bei denen Bewegungen mit verschiedener Frequenz in grössere Bewegungsabläufe und in eine praktische Aufgabe eingeordnet sein würden.

- c) Der Wille zur Leistungsverbesserung, die Bereitschaft der Versuchspersonen, ihre Fähigkeiten anzuspannen, ist bei den Versuchspersonen interindividuell sehr verschieden gross.
- d) Der bestmögliche Übungsweg ist interindividuell unterschiedlich und vom Versuchsleiter wohl meist nur nach grosser Erfahrung und Vortesten der Versuchspersonen sofort zu erraten.

2.) Die Grösse der Abhängigkeit bei verschiedenen Gliedern.

Trotz der soeben beschriebenen Schwierigkeiten, die genaue Angaben über die Grösse der Abhängigkeit verhindern, ist zweifellos, dass von den symmetrisch angeordneten Gliederpaaren, deren Bewegungen registriert wurden, die Unterschenkel am abhängigsten voneinander sind. Sie wurden als letztes der symmetrischen Gliederpaare geübt, und trotzdem waren ihre Bewegungen bei allen Versuchspersonen, denen die Aufgaben Br und Bl gestellt wurden, am stärksten aneinander gebunden. Das steht in Einklang damit, dass nach Sehentransplantationen, durch die einem Muskelteil die Aufgabe gestellt wird, die Arbeit des gelähmten, ehemaligen Antagonisten zu übernehmen, die Umstellung auf die neue Funktion, d.i. die Dissoziation des Muskels, bei der unteren Extremität oft unvollkommen bleibt, während sie an der oberen im allgemeinen sehr leicht erfolgt (Bethe 1931). - Am unabhängigsten von den symmetrischen Gliederpaaren, deren Bewegungen registriert wurden, waren meist, aber nicht immer, die Hände, die aber erst nach den Unterarmen untersucht wurden, und für die deshalb vielleicht schon ruhend mitgeübt worden war. Die Oberarme hatten eine ähnliche oder etwas grössere Abhängigkeit als die Unterarme. Doch machte es meist weniger Schwierigkeiten, die Unterarme in Querrichtung als in Längsrichtung relativ zu koordinieren, obgleich bei Aufgabe Uq die Bewegung ja durch das Oberarmgelenk erfolgte. - Unregistrierte Bewegungen der Finger zeigten klar, dass symmetrisch angeordnete Finger besonders leicht in verschiedener Frequenz bewegt werden können, Finger einer Hand jedoch noch schwerer als die Beine. - Relative Koordination zwischen einem Unterarm

und einem Unterschenkel fiel noch leichter als zwischen den Händen und gelang auch den Versuchspersonen nach kurzem Probieren, die bei den Bewegungen der Unterarme, Oberarme, Hände die absolute Koordination ohne längere Übung nicht überwinden konnten. Auch die Verbindung zwischen einer Hand und einem Unterarm der Gegenseite erwies sich als verhältnismässig lose, wenn die Hand das k.Glied sein sollte. Auffallend war dabei, dass Versuchspersonen immer wieder die Tendenz hatten, den Unterarm oder die Hand, die ruhen sollte, mitzuschwingen, obgleich es allen Versuchspersonen ohne die geringste Mühe möglich war, ein Glied einseitig allein zu bewegen¹¹⁾. - Wurden Versuchspersonen, deren Bewegungen besonders stark abhängig waren, aufgefordert, während der Hin- und Herbewegungen eines Armes den Kopf in verschiedener Frequenz zu bewegen, gelang es meist nach einigem Probieren, doch mangelte dann den Armbewegungen etwas die normale Flüssigkeit. Sehr viel schwerer fiel es, statt des Kopfes die Augen gleichzeitig mit den Armen in verschiedener Frequenz hin- und herzubewegen. -

Für die Unterschiede in der Grösse der Bewegungsabhängigkeit bei verschiedenen Gliedern scheinen folgende Gründe infrage zu kommen:

- a) An den Hin- und Herbewegungen verschiedener Glieder sind unterschiedliche zentrale Systeme in verschiedenem Ausmass beteiligt, wie die Ausfallserscheinungen nach Desafferentierung oder Unterbrechnung der Pyramidenbahn zeigen.
- b) Die Elemente, die die Bewegungen steuern, stehen in verschieden engem funktionellem Zusammenhang. Deshalb sind die Finger einer Hand in ihren Bewegungen stärker aneinander gekoppelt als ein Arm und ein Unterschenkel, vielleicht ähnlich wie die Strahlen einer Flosse fester zusammenarbeiten als Brust- und Schwanzflosse. Doch sind trotzdem die Kopplungen zwischen Fingern - Hand- Unterarm - Oberarm derselben Seite - vielleicht durch Übung - besonders lose.
- c) Die Masse der Glieder ist verschieden gross und ihre Bewegungen erfordern unterschiedliche Tonusveränderungen im Gesamtorganismus. Es ist schwieriger, das Gleichgewicht zu

11) Eine Versuchsperson bewegte bei Aufgabe U1 die Zehen des linken Fusses entgegen ihrer Absicht in der Frequenz der Schwingungen des linken Armes.

erhalten, wenn die schweren Unterschenkel oder Oberarme in verschiedener Frequenz bewegt werden, als wenn Schwingungen der Hände oder Finger auf beiden Seiten ungleichartig sind. Eine Versuchsperson äusserte sich bei Aufgabe Or: "Wenn ich einen Oberarm schneller hin- und herbewege als den anderen, will der ganze Oberkörper mit. Deshalb fällt mir die Übung der Oberarme schwerer als die der Unterarme." - Auch ist die Innervation bei den schweren Gliedern nicht entsprechend der Masse gesteigert, und sie sind deshalb schwerer beherrschbar als die leichten Glieder.

- d) Wie bereits gesagt, entsprechen aus peripheren oder zentralen Gründen den verschiedenen Gliedern bestimmte optimale Frequenzzonen, und es hat einen ungünstigen Einfluss auf die relative Koordination, wenn sich wie bei Aufgabe $(rU\ lH)_r$ oder $(rH\ lU)_l$ die Glieder in davon sehr verschiedenen Frequenzen bewegen müssen.

3.) Die Grösse der Abhängigkeit in Beziehung zur Seitigkeit.

Nach Ludwig (1932) wird "bei allen natürlichen Handlungen, die das Zusammenwirken beider Hände erfordern", der schwierigere Part von der rechten Hand übernommen, wenn Rechtsseitigkeit vorliegt, - von der linken Hand, wenn Linksseitigkeit besteht. Für willkürliche relative Koordination trifft diese Regel nicht zu. Die Ausführung des g.Rhythmus wurde von den Versuchspersonen für schwieriger als die des k.Rhythmus gehalten, weil jener leichter ablenkbar ist. Trotzdem gelang Rechtshändern Aufgabe 7 besser als Aufgabe 8. Der Unterschied in der Grösse der Abhängigkeit bei beiden Aufgaben war am stärksten bei relativer Koordination der Hände und dann der Unterarme ausgeprägt, bei den Aufgaben Br/Bl und Or/Ol war er geringer oder fiel weg. - Von den acht untersuchten Linkshändern bewegten sich vier Versuchspersonen bei Aufgabe 8 unabhängiger als bei Aufgabe 7, zwei Versuchspersonen fielen beide Aufgaben etwa gleich schwer und einem Parkinsonkranken mit rechtsseitigem Tremor und einer

Versuchsperson, die Aufgabe Nr. ausserhalb der Versuche geübt hatte, gelangen relative Koordination besser, wenn der k.Rhythmus durch das rechte Glied ausgeführt wurde als umgekehrt. - Die sieben Versuchspersonen, die nach dem Augen- und Venentest (ausgeführt von I.Strangmann) mit 97% Wahrscheinlichkeit Pseudorechtser sein sollen, waren bei der Ausführung der relativen Koordination von Rechtsern nicht zu unterscheiden, so dass die Übung nicht als Test für angeborene Seitigkeit zu bewerten ist. Der Zwangslinkser, dessen Unterarm vor 1 Jahren amputiert wurde, bewegte sich in der Übung als Rechtser.

Rechtser gaben immer wieder an, dass Ihnen Aufgabe 7 deshalb leichter falle als Aufgabe 8, weil das rechte Glied fast "von alleine" schnell hin- und hergehe und sie deshalb ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich auf den schwierigen g.Rhythmus richten könnten. Wenn aber das linke Glied den k.Rhythmus ausführen solle, bliebe es immer wieder stehen oder gehe mit dem g.Rhythmus, und sie müssten dann sowohl an das k. als auch an das g.Glied denken. Linkser behaupteten dasselbe von den Gliedern der umgekehrten Seite.

4.) Die Grösse der Abhängigkeit bei Angehörigen verschiedener Berufe und Altersstufen.

Die interindividuellen Unterschiede in der Stärke der Abhängigkeit sind ähnlich wie bei Fischen und Hunden sehr gross: bei zwei Versuchspersonen zeigte sich erst nach 1/2stündiger Übung der Unterarme der erste Beginn einer Lösung der absoluten Koordination¹²⁾, - andere konnten sich spontan in relativer

¹²⁾ Eine der sehr abhängigen Versuchspersonen äusserte sich dazu: "Wenn auch der Rechte bei einseitiger Bewegung von alleine zu gehen scheint, bleibt er doch stehen, sobald der Linke auch bewegt wird. Es geht nicht, an beide zugleich zu denken, und der Arm, an den nicht gedacht werden kann, bleibt stehen."

Eine Versuchsperson (Studentin) erzählte, dass ihre Mutter in den Bewegungen verschiedener Glieder so gebunden sei, dass sie bei Müdigkeit nur mit grosser Mühe eine Hand oder einen Arm bewegen könne, ohne gleichzeitig das symmetrische Glied in derselben Weise zu bewegen. Das sei so störend, dass ihr Vater gleich nach der Geburt der Versuchsperson nachgesehen hatte, ob bei ihr ein Händchen geschlossen werden könnte, ohne dass das andere sich bewege.

Koordination bewegen, ohne vorher eine Tätigkeit ausgeübt zu haben, bei der jene häufig vorkam (z.B. Musizieren, Crawlen, Schweissen, Fussballspielen). Bei keiner der Versuchspersonen bestand immer völlige Unabhängigkeit: mochte auch bei einfachen Aufgaben kein Einfluss der Rhythmen aufeinander festzustellen sein, bei niedrigen Frequenzunterschieden oder bei den Aufgaben 5 und 11 zeigten sich die Glieder doch etwas abhängig voneinander. - Kinder im Alter über 9 Jahren und alte Menschen (65-75 Jahre) unterschieden sich, soweit das ohne quantitative Auswertungsverfahren beurteilt werden kann, im Grade der Abhängigkeit nicht klar von Erwachsenen der mittleren Jahre. Die Anfangsleistungen waren bei alten oder älteren Versuchspersonen vielleicht besser als bei Kindern, doch dafür schienen Kinder über 9 Jahre bei der Einübung erheblich schnellere Fortschritte zu machen als alte Versuchspersonen. Geringe Frequenzunterschiede ($3:1-3/2:1$) machten Kindern durchschnittlich wohl mehr Schwierigkeiten als Erwachsenen. - Kinder unter 7 Jahren waren - wie unregistrierte Versuche zeigten - in ihren Bewegungen gewöhnlich gebundener als Erwachsene. - Versuchspersonen, die viel musiziert hatten, fiel relative Koordination durchschnittlich viel leichter als den übrigen. Doch war es immer wieder erstaunlich, wie manche Versuchspersonen, die seit Jahren Klavier spielten, nur sehr mühsam und in nur sehr abhängiger Weise fähig waren, den linken Unterarm häufiger hin- und herzubewegen als den anderen. - Geistig arbeitende oder lebende Menschen lösten durchschnittliche die gestellten Laboratoriumsaufgaben deutlich besser als Versuchspersonen, die in einer praktischen Tätigkeit standen oder stark aus einer naturhaften Gebundenheit lebten, wenn von den Schweissern abgesehen wird. - Angehörige von Berufen, die eine besonders feine und genaue Koordinationsfähigkeit oder eine grosse Gelenkigkeit und starke Diszipliniertheit der Bewegungen erfordern, - 3 erstklassige Jongleure, 2 Akrobaten, 6 Tänzerinnen, 3 Feinmechaniker - fielen nicht aus dem breiten Rahmen des Durchschnitts heraus. Der bekannten Jongleuse Peggy Sun gelang es auch nach einigem Probieren nicht, ihre Unterarme in verschiedener Frequenz hin- und herzuschwingen, da ihre fein abgestimmten Berufsbewegungen in absoluter Koordination erfolgen.

Die Untersuchungen bei 7 Zwillingspaaren, die nach Angabe des ärztlichen Geburtshelfers einseitig waren, ergaben, wie zu erwarten, keine klaren Hinweise für die Erbllichkeit der Koppungsstärke. Bei zwei Paaren war je ein Zwilling (15- und 9jährig) bei der Geburt etwa ein Pfund schwerer als der andere gewesen, und jener war dem anderen an Grösse, Gewicht, Gesundheit, Energie und Erfolgssicherheit überlegen. Diese zwei grösseren Zwillinge waren bei relativer Koordination in ihren Bewegungen deutlich weniger abhängig als die gehemmteren Geschwister. - Von einem 21jährigen Zwillingspaar, die sich in ihrem Habitus so sehr glichen, dass ihr Lehrer sie mehrere Jahre hindurch nicht hatte unterscheiden können, konnte der eine Zwilling (Student der Altphilologie) sofort mühelos einen Arm häufiger hin- und herbewegen als den anderen, während sich beim anderen Zwilling (Metzger) erst nach angestrenzter Übung der erste Beginn einer Lösung zeigte, die nur langsam und mühsam verstärkt werden konnte. - Die übrigen vier Zwillingspaare zeigten zwar keine Identität in der Stärke und Weise der Abhängigkeit, aber waren sich darin doch ähnlicher als durchschnittlich zwei nicht verwandte, beliebig herausgegriffene Versuchspersonen.

5.) Die Grösse der Abhängigkeit und der Typus der Versuchsperson.

Enke und Heising (1929) kamen in ihren Untersuchungen über die "Aufmerksamkeitsspaltung" bei verschiedenen Körperbautypen zu dem Ergebnis, dass Leptosome und Athletiker durchweg eine grössere Fähigkeit haben, verschiedene, aber streng gleichzeitig verlaufende Aufmerksamkeitsleistungen getrennt nebeneinander zu vollbringen, als Zykllothyme¹³⁾. Nach Jaensch (1933) im Widerspruch hierzu, nach Enke (1933) im Einklang damit, schloss K. Dambach (1929) in

13) In Enkes Versuchen mussten Versuchspersonen unregelmässig gemischte Reihen verschiedener Figuren (Kreis, Dreieck, Viereck und Fünfeck) zählen und sich merken. Die Figuren wurden mit einem Diaphragma dargeboten, so dass im Gesichtsfeld jeweils nur eine Figur im Vorbeigehen sichtbar war.

seinen Untersuchungen über die Mehrfacharbeit und ihre typologische Bedeutung, dass die Zykllothymen eine grössere Verteilungsfähigkeit der Aufmerksamkeit und bessere Eignung zu Mehrfacharbeit zeigen als die Schizothymen, und dass die grössere bzw. geringere Verteilungsfähigkeit der Aufmerksamkeit als ein eindeutiges Symptom für das zykllothyme bzw. schizothyme Temperament angesehen werden kann: "Kein Kind mit geringer Aufmerksamkeitsdistribution war zykllothym, kein Kind mit starker Aufmerksamkeitsverteilung schizothym"¹⁴⁾. Lassen sich die Ergebnisse Enkess oder Dambachs auf die Fähigkeit zu relativer Koordination übertragen? Zwar wurden bei der physiologischen Fragestellung dieser Arbeit die Versuchspersonen nicht typologisch getestet, und zwar fehlt für die Grösse der Abhängigkeit ein quantitatives Auswertungsverfahren, doch lässt sich trotzdem mit Bestimmtheit sagen, dass Unabhängigkeit oder Abhängigkeit bei relativer Koordination kein eindeutiges Symptom für die Zugehörigkeit zum zykllothymen oder schizothymen Formenkreis ist. Vielleicht haben die Schizothymen durchschnittlich eine etwas bessere Fähigkeit zu relativer Koordination als die Zykllothymen, aber der Unterschied kann nicht sehr gross sein. Hierfür kommen folgende Gründe in Betracht:

- a) Wie Jaspers (1946) und Sallier (1950) darlegen, ist der Sinn der Kretschmer'schen Typen nur sehr begrenzt.
- b) Wenn sich Versuchspersonen darum bemühten, ihre Glieder in relativer Koordination zu bewegen und ihre Aufmerksamkeit eine unbewusste Gebundenheit der Gliedbewegungen aneinander zu überwinden suchte, machte es den Eindruck, als sei diese unbewusste Gebundenheit interindividuell sehr verschieden gross und würde sie die Fähigkeit zu relativer Koordination wesentlich mitbestimmen. Hiermit stimmt überein, dass bei Medulla-Fischen derselben Art und bei Hunden die Kopplung sehr unterschiedlich stark ist, und dass auch dann,

¹⁴⁾ Als Mehrfacharbeit wurde in diesen Versuchen u.a. gefordert, vorgespochene Gedichtstrophen oder Wortpaare zu lernen und gleichzeitig fortlaufende Quadrate zu zeichnen oder den Buchstaben M oder die Zahlen 1 bis 9 zu schreiben.

wenn beim Menschen ein Glied passiv vom Versuchsleiter hin- und herbewegt wird, bei den Bewegungen des anderen Gliedes umfangreiche Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt auftreten können.

- c) Kamen Versuchspersonen zur Türe herein, deren Psychomotorik schlaff, plump, grobschlächtig und gesperrt, gehemmt aussah, deren Gesichtsausdruck Fahrigkeit, Passivität ("ich kann es ja doch nicht"), Undifferenziertheit, Ängstlichkeit oder grosse Unsicherheit verrieten, machte ich mich unwillkürlich auf langwierige, mühsame Versuche gefasst, - umgekehrt erwartete ich einen schnellen Ablauf der Untersuchung bei Versuchspersonen, aus deren Gesichtsausdruck starke Geistigkeit, Lebendigkeit, innere Aktivität, Sicherheit und gelassene Überlegenheit sprach, die sich natürlich, ungezwungen und kraftvoll gestaltet bewegten. Doch erlebte ich bei meinen Prognosen häufig Überraschungen. - Diese kurze Schilderung soll zeigen: 1.) dass Eigenschaften, die eine Überwindung der Kopplung fördern oder beeinträchtigen, zu jedem der Kretschmer'schen Merkmalkomplexe gehören und sich in ihrer Wirkung gegenseitig aufheben oder verschieden ausgleichen können, z.B. geringe Konzentrationsfähigkeit der Zyklouthymen, Gehemtheit, Sperrigkeit der Schizothymen, Plumpheit der Athletiker - gewandte Beweglichkeit, gelöste Harmonie oder Tatkraft der Zyklouthymen, Spaltungsfähigkeit und Intensität der Schizothymen, Sicherheit und Ruhe der Athletiker, 2.) dass Eigenschaften, die quer zu den Kretschmer'schen Merkmalskomplexen liegen, für das Gelingen der relativen Koordination von Bedeutung sein können, z.B. Geistigkeit, innere Freiheit, 3.) dass aus dem Habitus und der inneren Struktur eines Menschen die Grösse der Abhängigkeit häufig nicht erschlossen werden kann.

P o t t (1949) vertrat in seinen Beobachtungen über natürliches Bewegungszueinander beim Menschen die Ansicht, dass der ganzheitsbezogene Typ wesentlich längere Zeit braucht, um durch fortlaufende Übung verschiedenartige Bewegungsabläufe in seine Bewegungsstruktur aufzunehmen als der analytische Typ. Diese

Ansicht kann nicht bestätigt werden. Kinder über 9 Jahre schienen eine schnelle und gute Übungspotenz zu haben, und Versuchspersonen, die sich in optischen Testen des Heidelberger Psychologischen Instituts extrem ganzheitlich bzw. analytisch erwiesen hatten, unterschieden sich wohl sehr in der Weise, wie sie relative Koordination lernten (s.S. 103), doch standen die Schnelligkeit der Einübung und die Stärke der Abhängigkeit nicht in sichtbarer Korrelation zu dem Grade ihrer Ganzheitlichkeit. Die Gründe hierfür scheinen den auf Seite 98 angeführten zu entsprechen.

f) Die Einübung in relative Koordination.

Wenn Versuchspersonen ihre Glieder nicht spontan in relativer Koordination bewegen konnten (s.Tab.29), wurde im Übungsverlauf häufig zunächst keinerlei Fortschritt sichtbar. Die Versuchspersonen kamen sich dann oft sehr hilflos vor, da ihnen ihre Glieder nicht gehorchten und sich ihrer Absicht entgegen bewegten, und sie fürchteten, relative Koordination nie lernen zu können. Es war dann auch für den Versuchsleiter immer wieder erstaunlich, wie meist schon nach wenigen Minuten oder auch Bruchteilen einer Minute die absolute Koordination allmählich oder sprunghaft überwunden wurde. Nicht selten kam es allerdings vor, dass Versuchspersonen gleich zu Beginn in eine Sackgasse gerieten, indem sie ein Glied statt frequenter nur schneller, d.i. mit grösserer Amplitude als das andere (Grundform 28c) bewegten. Je mehr sie sich anstrebten, desto grösser wurden die Amplituden und desto geringer die Chancen, die absolute Koordination zu lösen, denn es ist ja besonders schwierig, ein Glied nicht nur in höherer Frequenz, sondern auch noch mit grösserer Amplitude als das andere zu bewegen (s.S. 82). Dann, oder überhaupt, wenn Versuchspersonen beim ersten Probieren ratlos oder ungeduldig wurden, riet der Versuchsleiter, Rechtsern ihr rechtes und Linksern ihr linkes Glied zunächst alleine mit kleiner Amplitude und in einer Frequenz, die erheblich höher lag als die, die bei Aufgabe 1

eingehalten worden war, hin- und herzubewegen, bis es fast "von alleine" gehe, und dann erst zu beginnen, das andere Glied mit grosser Amplitude und erheblich geringerer Frequenz gleichzeitig zu bewegen und dabei die Aufmerksamkeit auf diesem gerichtet zu lassen, denn die Vorversuche hatten gezeigt, dass die meisten Versuchspersonen relative Koordination auf diese Weise am schnellsten lernten¹⁵⁾.

Abb.110: Allmähliche Loslösung aus absoluter Koordination bei Aufgabe Ur. Aus Gf. 28 entwickeln sich rechts Gf. 1 und Gf.2, links Gf.16 und Gf.17.

Die Loslösung aus absoluter Koordination konnte fliegend oder sprunghaft vor sich gehen. Häufig folgte auf Grundform 28 in fließendem Übergang Grundform 16, die dann allmählich zu Grundform 17 entwickelt wurde. Abb. 110 zeigt diese Stufenfolge. Hier verlief sie aber ausnahmsweise schnell. Während der Abfolge der Grundformen 28 - 16 - 17 folgte beim k.Rhythmus häufig auf Grundform 28 die Grundform 14, aus der sich dann Grundform 2aII - manchmal mit den Grundformen 7-13 verbunden - herauskristallisierte. Grundform 2aII konnte dann langsam in Grundform 2aI und schliesslich in Grundform 1 übergehen. -

¹⁵⁾ Manchen Versuchspersonen half es sehr, wenn sich der Versuchsleiter vor sie stellte und seine Unterarme in relativer Koordination bewegte. (Dieser Übungsweg wurde nur in den Vorversuchen beschritten). Dagegen brachte es nur geringen Übungsgewinn, wenn ein Glied vom Versuchsleiter passiv geführt wurde, während die Versuchsperson das andere Glied aktiv in verschiedener Frequenz bewegte. - Reflektierte Menschen konnten relative Koordination dadurch lernen, dass sie sich vor der Übung die verschiedenen Stellungen, die die Glieder beim Frequenzunterschied 2:1 nacheinander einnehmen, überlegten und die Bewegungen dann in einem anfangs sehr langsamen Tempo ausführten.

Eine andere, aber auch allmähliche Form der Loslösung aus absoluter Koordination bestand darin, dass sich beide Rhythmen zunächst weiter wie bei Grundform 28 nur in Koaktion bewegten, aber der langsame Rhythmus periodisch angehalten wurde (Grundform 20), dann eine Halbschwingung des g.Rhythmus etwas länger als eine Aktionszeit des k.Rhythmus andauerte (Grundform 21a) und schliesslich das Anhalten verkürzt (Grundform 21b, c) und ganz unterlassen wurde (Grundform 15, 26). - Dieser Weise der Loslösung ähnlich war, wenn auf Grundform 28 die Grundformen 29 und 30 folgten und diese dann zu den Grundformen 2 und 21 entwickelt wurden. Die Abbildungen 92 und 93 zeigen Ausschnitte aus dieser Stufenfolge.

Bei sprunghafter Loslösung konnte auf Grundform 28 sogleich Grundform 17, Grundform 21a, b, Grundform 26 oder Grundform 15 folgen - beim k.Rhythmus die Grundformen 14, 2 oder 1. Die Abbildungen 111 und 112 geben davon zwei allerdings selten krasse Beispiele derselben Versuchsperson. Sie äusserte dazu: "Es war wie ein Widerstreit im Gehirn, welche von beiden Bewegungen siegen würde. Beide waren nicht voneinander zu trennen. Plötzlich lösten sich die Gedanken voneinander". - Nach dem Sprung von absoluter zu relativer Koordination oder, wenn diese sogleich gelang, im Beginn der Einübung konnte die Bewegungen so unstabil sein, dass fast keine Periode der nächsten glich, und die Grundformen in buntem Wechsel vorkamen, oder dass die Grundformen 13 und 18 vorherrschten. Diese grosse Unstabilität hielt selten länger als eine halbe Minute an.



Abb. 111: Plötzliche Lösung der absoluten Koordination bei Aufgabe Ur.

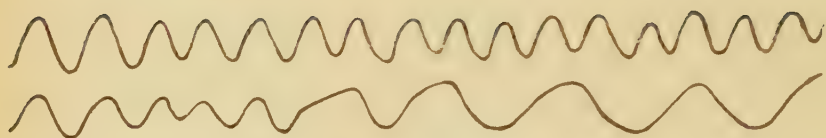


Abb. 112: Plötzliche Loslösung bei Aufgabe Or.



Abb. 113: Allmähliche Stabilisierung bei Aufgabe Ul.
Rechts bekommt Gf.20 die Überhand über die
Gfn. 18, 16, 17, 21, - links Gf. 1 über Gf.14.

Manchmal gewann eine sehr formabhängige Grundform, (z.B. Grundform 20) allmählich die Oberhand und damit Stabilität (Abb.113). Es konnte aber auch in einem Sprung eine stabile und weitgehend unabhängige Form erreicht werden (Abb.114, 115). - Bei Gliedern, zwischen denen im allgemeinen eine lose Beziehung besteht, kam eine plötzliche Loslösung häufiger vor als bei den Beinen, und das Zusehen bei den Versuchen erweckte den Eindruck, als könnte die Loslösung aus absoluter Koordination dann sehr sprunghaft erfolgen, wenn die Gebundenheit in den Bewegungen verhältnismässig weitgehend in "höheren Zentren" begründet ist (vgl. das Aha-Erlebnis).

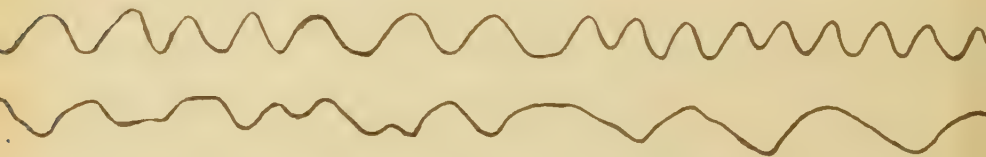


Abb. 114: Plötzliche Stabilisierung bei Aufgabe Ur



Abb. 115: Plötzliche Stabilisierung bei Aufgabe 01

Die weiteren Fortschritte in der Übungswirkung waren oft schwer zu erkennen, da sich die verschiedenen Abhängigkeitsweisen überschnitten und abwechselten. Im grossen und ganzen schienen nach der ersten Loslösung die Leistungen fliessend verbessert zu werden, wenn es auch zu vorübergehendem Stillstand oder Rückgang der Übungswirkung kommen konnte. - Pausen von einem oder mehreren Tagen erbrachten meist eine bedeutende Verbesserung der Leistung, die gewiss nicht nur auf den Wegfall der Ermüdung zurückgeführt werden kann, wie das ja von Übungen auf anderen Gebieten bekannt ist (s.Kern 1930). Nach sehr langen Pausen (ein halbes Jahr und mehr) war, jedoch nicht immer, ein geringer Übungsverlust zu beobachten, der in den ersten Übungsminuten wieder aufgeholt wurde.

Leider sind mir als Nichtpsychologin die verschiedenen Rollen, die die Konzentration oder Aufmerksamkeit bei der Einübung spielen kann, nicht klar geworden. Ein Teil der Versuchspersonen, und zwar solche, die nach Test oder Eindruck sehr "ganzheitlich" veranlagt waren, gaben immer wieder an, dass die relative Koordination gestört würde, wenn sie daran dächten: "Ich glaube, wenn ich bewusst darauf achtgebe, komme ich eher aus dem Konzept, als wenn ich an etwas Anderes denke. Nach dem Vorsatz zu Beginn: Bewege ja nicht den Linken am schnellsten! - geht es von alleine". - Trotzdem schien auch bei den "ganzheitlichen" Versuchspersonen Konzentration fördernd zu wirken, wenn eine besonders starke Umgestaltung der gewohnten Bewegungsweisen erfordert wurde, also z.B. im Beginn der Loslösung aus absoluter Koordination: Ablenkung durch eine andere Tätigkeit (unbestimmtes Schweifenlassen der Phantasie, lautes Lesen,

Lösen von Rechenaufgaben) hatte dann auch bei ihnen Verstärkung der Abhängigkeit zur Folge, während nach der intensiven Vorstellung, das Leben hinge davon ab, wie gut relative Koordination ausgeführt würde, die Leistung verbessert wurde. Nur einer sehr gehemmten Versuchsperson gelang es erst dann, die absolute Koordination zu überwinden, als sie es nicht mehr beabsichtigte und Aufgabe 4 ausführen wollte. - Die Versuchspersonen, die nach Test oder Eindruck sehr analytisch oder reflektiert veranlagt waren, gaben an, dass ihnen relative Koordination um so besser gelänge, je mehr sie sich darauf konzentrierten. Doch waren sie eingeübt, trat auch bei ihnen durch Ablenkung keine Verschlechterung ein. - Andere Versuchspersonen sagten, dass sie die Lösung der Bindung durch eine Lockerung "von unten her" bewirkten und die Bedeutung der Konzentration geringfügig sei.

Worin die Einübung in relative Koordination physiologisch besteht, - wodurch die Tendenz der Rhythmen, sich gegenseitig zu beeinflussen, aufgehoben wird, und warum diese Tendenz, wenn sie durch Einübung von Aufgabe 7 stark vermindert wurde, meist wieder sehr stark wirkt, wenn Aufgabe 8 durch dieselben Glieder ausgeführt werden soll, ist noch ungeklärt. Für die Einübung scheint die Afferenz von Bedeutung zu sein, weil nach Sehnentransplantationen sich bei den oberen Gliedern die Umstellung auf die neue Funktion fast immer schnell vollzieht und Falschinnervationen nicht oder nur sehr selten auftreten (Bethe 1930, S.1106), während die Umstellung aber verhältnismässig langsam erfolgt und oft unvollkommen bleibt, wenn nach Amputationen von Gliedern die armierten Muskeln nur mit den toten Mechanismen einer Prothese in Verbindung gebracht werden.

V. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerung.

Bei der angewandten formalen Methode kann nicht bewiesen werden, ob und in welcher Weise die von v. H o l s t am Rückenmark der Fische gewonnenen Vorstellungen von den zentralen Ordnungsmechanismen auf den Menschen übertragen werden können. Doch gibt eine Reihe von Befunden Hinweise zur Klärung der Frage. Die wichtigsten seien hier zusammengefasst:

- 1.) Fast alle Abweichungen von der beabsichtigten Bewegungsgestalt, die bei verschiedenen frequenten Hin- und Herbewegungen zweier Gliedmassen bei einem Rhythmus entstehen, sind auf den Einfluss des anderen Rhythmus zurückzuführen. Sie verschwinden, sobald dieser angehalten wird. Meist beeinflussen sich die Rhythmen gleichzeitig gegenseitig.
- 2.) Über die Mannigfaltigkeit der Bewegungsweisen geben 33 Grundformen einen Überblick. In sie können fast alle periodischen Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt, die bei Frequenzunterschieden von 2:1 und darüber auftreten, formal eingeordnet werden. Aus den Grundformen ergibt sich:
 - a) Der abhängige Rhythmus kann in seinen Geschwindigkeiten, Aktionszeiten und zum Teil Bewegungsrichtungen etwa so verändert werden, als hätte sich der dominierende Rhythmus mit verkleinerter oder gleicher Amplitude dem abhängigen Rhythmus überlagert.
 - b) Periodenbilder, die beim Medulla-Fisch durch Magnet-Effekt oder kombinierte Wirkung von Magnet-Effekt und Superposition hervorgerufen werden, kommen dann vor, wenn die Frequenzbeziehung 2:1 ist.
 - c) Bei Frequenzunterschieden über 2:1 ist "reiner" Magnet-Effekt entweder nicht deutlich wirksam, oder er beschleunigt Ko-Schwingungen auch dann, wenn sie der bei absoluter Ordnung eingehaltenen Phasenbeziehung voraus sind und verlangsamt Dis-Schwingungen auch dann, wenn sie hinter dieser ausgezeichneten Phasenbeziehung zurückbleiben. Statt blosser Verlangsamung kann Richtungsumkehr des abhängigen Rhythmus eintreten.

- d) Bei Frequenzunterschieden über 3:1 können Amplituden von einzelnen Ko-Schwingungen des k.Rhythmus vergrössert und von einzelnen Dis-Schwingungen vermindert werden. Sowohl mit einer Vergrösserung wie auch mit einer Verkleinerung der Amplitude kann Beschleunigung, Verlangsamung und gleichbleibende Geschwindigkeit einhergehen.
- e) Ein Rhythmus kann den anderen Rhythmus so stark behindern, dass dieser periodisch stillsteht. Bei gegenseitiger Abhängigkeit können sich die Gliedbewegungen wechselseitig ausschliessen. Der beeinflusste Rhythmus hält fast immer an der Umkehrung von Phase zu Gegenphase an - entsprechend seiner Voll- oder Garnicht-Tendenz - und beginnt die Bewegung meist dann wieder, wenn der andere Rhythmus eine Koaktion ausführt, - ihn also über die Reizschwelle heben bzw. die Schwelle senken kann.¹⁶⁾
- f) Ein Rhythmus kann den anderen stören oder verwirren, ohne dass die mehrfachen Geschwindigkeitsänderungen und frühzeitigen Richtungsumkehrungen in klarer Korrelation zu den Phasen des dominierenden Rhythmus stehen. Beim Medulla-Fisch können die Rhythmen durch Strychnininjektion (v. Holst 1939¹⁾) und beim Säugling die Atmung durch das "Saugzentrum" (Peiper 1938) in ähnlicher Weise gestört werden.
- g) Der Ort der Dominanz kann regelmässig innerhalb einer Periode von einem Rhythmus auf den anderen wandern.
- h) Phase und Gegenphase erleiden unterschiedlichen Einfluss, weil sie vermutlich von verschiedenen zentralen Vorgängen gesteuert werden.
- i) Es besteht beim Menschen die Tendenz, die Geschwindigkeiten gleichsinniger Phasen konstant zu erhalten.
- k) Wenn der dominierende Rhythmus dahin tendiert, den abhängigen Rhythmus so zu beeinflussen, dass er mit ihm in Koaktion verläuft, können die entstehenden Abweichungen von der normalen Bewegungsgestalt gleich wieder ausge-

16) Es ist eine ausserordentlich schwere Aufgabe, einen Rhythmus in den Phasenmitten kurz anzuhalten und gleichzeitig den anderen Rhythmus gleichförmig weiterzubewegen.

glichen werden, wie es der Tendenz mancher Menschen nach festen Stützpunkten und Gleichförmigkeit entspricht, oder sie können in sehr seltenen Fällen unabhängig vom anderen Rhythmus weitergeführt werden (vgl. Perservation Peiper's beim Atemzentrum des Säuglings).

- 3.) Periodenbilder, die durch Superposition hervorgerufen zu werden scheinen, treten auch dann sehr ausgeprägt auf, wenn das dominierende Glied vom Versuchsleiter hin- und herbewegt wird. Das steht nicht im Widerspruch zu den Befunden von v.Holst bei Fischen, denn nach Wacholder entstehen auch bei passiven Bewegungen des Unterarms Aktionsströme in den entsprechenden Muskeln - von seltenen Fällen grosser Gelocktheit abgesehen - . Als eine Phantomhand in relativer Koordination bewegt wurde, waren die Bewegungen der gesunden Hand nicht so fliessend und glatt wie ohne realtive Koordination, zeigten aber keine ausgeprägten Abweichungen.
- 4.) Die Koaktionslage ist - besonders bei den Übungen der Unterschenkel und Oberarme - sehr viel häufiger antagonistisch als synergistisch. Beide Formen können miteinander abwechseln, - meist aber bleibt innerhalb einer Aufgabenstellung die Beeinflussungsrichtung konstant (bei 50% der P.-Einzelversuche anhaltend gegensinnig, bei 12% gleichbleibend synergistisch). Bei den Grundformen, die auf eine bestimmte Phasenbeziehung gerichtet sind, liegen die $\frac{r}{m}$ -Werte der antagonistischen Koaktionslage zwischen 67% und 100%, und alle $\frac{r}{m}$ -Werte der synergistischen zwischen 0% und 35%. Gegensinnige Phasenbeziehung überwiegt also auch bei den Grundformen, die auf eine zentrale Überlagerung hinweisen, während beim menschlichen Tremor Superposition meist in gleichsinniger Richtung erfolgt.
- 5.) Obgleich die grossen Trägheits- und Elastizitätskräfte beim k.Glied eine andere Rolle als beim g.Glied spielen, sind die // -Koaktionslagen selten ($\frac{r}{m} // = 14\%$). Da sie manchmal einen allmählichen Übergang von antagonistischer zu synergistischer Koaktionslage bilden, scheinen sie schon von den zentralnervösen Elementen, die die Bewegung steuern, angestrebt werden zu können, während beim Medulla-Fisch

//-Koaktionslagen in den Phasenbeziehungen der Flossenbewegungen nicht vorkommen, wohl aber in denen der Strahlen einer Flosse. Manchmal sind die Gründe für //-Koaktionslagen in besonders schwierigen Verhältnissen der Trägheits- und Elastizitätskräfte zu suchen, z.B. bei Amputierten.

- 6.) Im Gegensatz zu den Flossenbewegungen ist es nicht stets die gleiche Phasenbeziehung, in der die Rhythmen sich festzuhalten suchen, sondern Rhythmus a kann den Rhythmus b in synergistischer, dieser den Rhythmus a gleichzeitig in antagonistischer Richtung beeinflussen.
- 7.) Bei willkürlicher relativer Koordination können sich die Einflüsse zweier Rhythmen auf einen dritten nicht wie beim Medulla-Fisch gegenseitig aufheben und entsprechend kann die Beeinflussung zwischen symmetrisch angeordneten Gliedern nicht nur in antagonistischer, sondern auch in synergistischer Richtung erfolgen.
- 8.) Während beim Medulla-Fisch der langsamere Rhythmus häufiger führt als umgekehrt und die Stärke seiner Einwirkungen im allgemeinen mit der Amplitudengrösse parallel geht, hängt bei einem Rhythmus willkürlicher Bewegungen die Stärke der Beharrungstendenz oder die Fähigkeit, einen anderen Rhythmus zu beeinflussen, von sehr verschiedenartigen Faktoren ab. Jene werden begünstigt:
 - a) durch Steigerung der Amplitudengrösse,
 - b) durch Steigerung der Frequenz,
 - c) durch die Richtung der Aufmerksamkeit auf das Glied,
 - d) durch die Grösse oder Schwere des Gliedes,
 - e) von Rechtsseitigkeit des Gliedes bei Rechtsern und meist Linksseitigkeit bei Linksern.

Bei der Mannigfaltigkeit der Faktoren schliesst der Einfluss der Frequenz auf die Dominanz nicht aus, dass der g. Rhythmus führt, - häufiger jedoch dominiert das k. Glied ($\frac{r}{m}$ I+II = 34%, $\frac{r}{m}$ III+IV = 9%).

- 9.) Das Erregungsgleichgewicht zwischen den beiden Rhythmen ist ziemlich stabil. Wenn von dem periodischen Dominanzwechsel der Grundformen 28d, e, 29, 30, abgesehen wird, wechselt die Dominanz innerhalb einer Einzelübung selten von einem Glied zum anderen.
- 10.) Geht die Führung von einem Rhythmus auf den anderen über, scheint - wie beim Medulla-Fisch - die Gesamtabhängigkeit häufig konstant zu bleiben.
- 11.) Während bei Bewegungen eines teils amputierten Gliedes die Beharrungstendenz oder die Fähigkeit, den Rhythmus des anderen Gliedes zu beeinflussen, meist sehr verstärkt werden, wenn dem Glied die Prothese angezogen wird, wird bei Bewegungen Gesunder die Dominanz des Unterarms oder der Hand nicht verändert, wenn die Versuchsperson ein Gewicht in die Hand nimmt. Offenbar können auch beim Menschen die Motoneurone unabhängig von den zentralen rhythmischen Elementen, die die Bewegung steuern, Impulse erhalten, wie dies v. H o l s t für den Medulla-Fisch bewiesen hat. Diese Annahme wird dadurch bekräftigt, dass bei Aufgabe 12 die ausgelösten Patellarsehnenreflexe ohne erheblichen Einfluss auf den anderen Rhythmus bleiben.
- 12.) Obgleich Frequenz und Amplitude Zeichen der Stärke eines Rhythmus sind, können die Rhythmen ihre Eigenfrequenz nicht um so leichter durchsetzen, je geringer der Frequenzunterschied ist. Den meisten, aber nicht allen Versuchspersonen fällt relative Koordination sehr viel leichter, wenn der Unterschied in den Frequenzen beider Rhythmen gross (3:1-16:1) ist, als wenn er nur gering sein soll (2:1 - 3 1/2:1). Stabile Frequenzunterschiede unter 2:1 gelingen nur sehr wenigen Versuchspersonen. Offenbar bedarf es einer sehr viel grösseren Attraktionskraft, um einen Rhythmus, der sich in seiner Frequenz stark unterscheidet, zu beeinflussen, als einen Rhythmus, dessen Frequenz der eigenen ange-nähert ist.

- 13.) Die Meinung B e t h e s (1931), nach der sich bei Bewegungen zweier Hände in verschiedener Frequenz immer eine zeitliche Beziehung derart herstellt, "dass die eine Bewegung ein gerades Vielfaches der anderen ist", trifft nicht zu. Die Mehrzahl der Versuchspersonen bevorzugt zwar bei geringen Frequenzunterschieden (6:1 und darunter) ganzzahlige Relationen bei allen geprüften Gliedern. Doch kommen nicht selten - besonders bei grossen Frequenzunterschieden - unganzzahlige Beziehungen vor, und manche Versuchspersonen empfinden diese als besonders harmonisch und angenehm.
- 14.) Der zentrale Prozess, der bei einer Bewegung die jeweilige Richtung und den Zeitpunkt des Richtungswechsels (d.i. bei wiederholten Bewegungen die Frequenz) ordnet, scheint bei einseitigen Bewegungen oder absoluter Koordination durch Willküreinfluss nicht schwerer variiert werden zu können als die Vorgänge, durch die die Amplitude bestimmt wird. Doch sind die Rhythmen in ihren Amplitudengrössen erheblich unabhängiger voneinander als in ihren Frequenzen.
- 15.) Wie bei den Fischen ist die Grosse der Abhängigkeit interindividuell ausserordentlich verschieden. Einige Menschen können ihre Glieder so unabhängig voneinander bewegen, dass sich nur bei besonders schwierigen Aufgaben noch eine Abhängigkeit zeigt, während es anderen nur nach langer Übung gelingt, die absolute Koordination etwas zu überwinden, oder es sie schon Mühe kostet, ein Glied zu bewegen und das symmetrisch angeordnete Glied gleichzeitig ruhen zu lassen. Bei Kindern unter 6 Jahren ist die Abhängigkeit erheblich grösser als bei Erwachsenen.
- 16.) Rechtser sind in ihren Bewegungen bei relativer Koordination weniger abhängig, wenn der k.Rhythmus durch das rechte Glied ausgeführt wird als wenn er links liegt. Der Unterschied in der Grösse der Abhängigkeit ist am stärksten ausgeprägt bei den Aufgaben Hr/Hl, dann Ur/Ul, - bei den Aufgaben Br/Bl und Or/Ol ist er geringer oder fällt weg. - Bei Linksern ist es teils umgekehrt, teils ist kein Unterschied festzustellen. - Pseudorechtser bewegen sich wie geborene Rechtser.

- 17.) Die Grösse der Bewegungsabhängigkeit ist bei verschiedenen Gliedern sehr unterschiedlich. Von den untersuchten Gliedern ist die Gebundenheit bei den Unterschenkeln am grössten und bei symmetrisch angeordneten Fingern am geringsten. Für die Unterschiede der Abhängigkeitsgrössen kommen folgende Gründe in Betracht:
- a) An den Hin- und Herbewegungen verschiedener Glieder sind unterschiedliche zentrale Systeme in verschiedenem Ausmass beteiligt.
 - b) Die zentralen Elemente, die die Bewegungen verschiedener Glieder steuern, stehen in unterschiedlich engem funktionellem Zusammenhang.
 - c) Die Masse der Glieder ist verschieden gross.
 - d) Den verschiedenen Gliedern entsprechen aus peripheren und zentralen Gründen bestimmte optimale Frequenzzonen (Wacholder 1928).
- 18.) Die Abhängigkeit der Bewegung kann durch Übung vermindert werden. Die Lösung der Gebundenheit kann sprunghaft oder in fliessenden Übergängen erfolgen. Es wird besprochen, in welchen Reihen die Grundformen dabei aufeinanderfolgen können.
- 19.) Es ist nicht anzunehmen, dass sich die Rhythmen nur im Rückenmark beeinflussen. Für eine Koordination auf übergeordneten Integrationsstufen sprechen folgende Gründe:
- a) Die Koaktionslagen sind meist synergistisch oder antagonistisch, und sie bleiben es auch dann, wenn die Trägheits- und Elastizitätskräfte durch Federzüge oder Gewichte stark verändert werden.
 - b) Durch Einübung der Unterarme in relative Koordination kann die Kopplung anderer Glieder gleichzeitig gelöst werden.
 - c) Beim pathologischen Tremor, dessen nervöses Substrat nach Jung im Rückenmark oder der Medulla oblongata liegt, ist die Unabhängigkeit erheblich grösser als bei willkürlicher relativer Koordination. Diese merkwürdige Tatsache könnte ihre Erklärung darin finden, dass zu der Kopplung, die beim Tremor wirksam ist, Beeinflussungen in "höheren" Teilen des C.N.S.hinzukommen.

Schlussfolgerung: Zwischen der Einflussnahme, die die Rhythmen der Medulla-Fische aufeinander nehmen und der Bewegungsabhängigkeit bei willkürlicher relativer Koordination bestehen erhebliche Unterschiede. Aber auf Grund der Übereinstimmung in wesentlichen Erscheinungen und auf Grund der Befunde Jungs beim menschlichen Tremor und E.E.G. und v.Holsts bei Hunden, ist die Annahme berechtigt, dass die von v.Holst am Rückenmark der Fische gewonnenen Vorstellungen von der zentralnervösen Ordnung auch für den Menschen von Bedeutung sind, und dass an der Koordination willkürlicher Hin- und Herbewegungen zweier Gliedmassen Superposition und Magnet-Effekt beteiligt sind.

Verzeichnis der angeführten Literatur.

- Bethe, Albrecht : Plastizität und Zentrenlehre, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd.XV, 2, 1931.
- Bethe, Albrecht, und Fischer, Ernst : Die Anpassungsfähigkeit (Plastizität) des Nervensystems. Ebenda.
- Bois-Reymond, Rene du : Ortsbewegung der Säugetiere, Vögel, Reptilien und Amphibien, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd.XV, 1, 1930.
- Dambach, Karl : Die Mehrfacharbeit und ihre typologische Bedeutung, Zeitschrift für Psychologie, Erg.Bd.14, 1929.
- Derwort, Albrecht : Untersuchungen über den Zeitablauf figurierter Bewegungen beim Menschen, Pflügers Archiv, Bd.240, 1938.
- Enke, W., und Heising, L. : Experimenteller Beitrag zur Psychologie der "Aufmerksamkeitsspaltung" bei den Konstitutionstypen, Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie, 118 (4), 1929.
- Hugger, Hubert : Zur objektiven Auswertung des Elektrencephalogramms unter besonderer Berücksichtigung der gleitenden Koordination. Pflügers Archiv Bd.244, 1941.
- Enke, W. : Erwiderung auf E.R.Jaenschs "Auseinandersetzen in Sachen der Eidetik und Typenlehre". Zeitschrift für Psychologie I, 130, 1933.
- Frischeisen-Köhler, Ida: Das persönliche Tempo, Leipzig 1933.
- Holst, Erich von : Erregungsbilanz und Erregungsleitung im Fischrückmark. Pflügers Arch. 235 (1935)¹

Holst, Erich von

: Über den Prozess der zentralnervösen Koordination. Pflügers Arch. 236 (1935)²

Alles-oder-Nichts, Block, Alternans, Bigemini und verwandte Phänomene als Eigenschaften des Rückenmarks. Pflügers Arch. 236 (1935)³

Versuche zur Theorie der relativen Koordination. Pflügers Arch. 237 (1936)¹

Über den "Magnet-Effekt" als koordinierendes Prinzip im Rückenmark. Pflügers Arch. 237 (1936)²

Vom Dualismus der motorischen und der automatisch-rhythmischen Funktion im Rückenmark. Pflügers Arch. 237 (1936)³

Zentralnervensystem. Fortschr. Zool. 1 (1937)¹; 2 (1937)²

Vom Wesen der Ordnung im Zentralnervensystem. Naturw. 25 (1937)³

Neue Versuche zur Deutung der relativen Koordination. Pflügers Arch. 240 (1938)¹

Über relative Koordination bei Säugern und beim Menschen. Pflügers Arch. 240, (1938)²

Zentralnervensystem. Fortschr. Zool. 3 (1938)³

Die relative Koordination als Phänomen und als Methode zentralnervöser Funktionsanalysen. Erg. Physiol. 42 (1939)¹

Entwurf eines Systems der lokomotorischen Periodenbildungen bei Fischen (ein kritischer Beitrag zum Gestaltproblem). Z. vergl. Physiol. 26 (1939)²

Über die nervöse Funktionsstruktur des Fische Rückenmarks. Pflügers Arch. 241 (1939)³

Holst, Erich von, und Mittelstaedt, H.

: Das Reafferenzprinzip. Naturw. Bd. 37, 1950

Jaensch, E.R.

: Zur Auseinandersetzung der Typenlehre Kretschmers und der Integrationstypologie, Zeitschrift für Psychologie I, 130, 1933.

Jaspers, Karl

: Allgemeine Psychopathologie, Berlin und Heidelberg, 1948.

- Jung, Richard : Physiologische Untersuchungen über den Parkinsontremor und andere Zitterformen beim Menschen, Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie 173, 1941¹
Das Elektrencephalogramm und seine klinische Anwendung. I, II. Der Nervenarzt Bd. 12, 1939, Bd.14, 1941²
- Kern, Benno : Wirkungsformen der Übung, 1930
- Ludwig, Wilhelm : Das Rechts-Links-Problem im Tierreich und beim Menschen, 1932.
- Peiper, Albrecht : Das Zusammenspiel des Saugzentrums mit dem Atemzentrum beim menschlichen Säugling, Pflügers Archiv 240, 1938.
- Pott, Heinz H. : Beobachtungen über natürliches Bewegungszueinander beim Menschen, Doktorarbeit Münster 1949.
- Saller, Karl : Allgemeine Konstitutionslehre, Stuttgart 1950.
- Wacholder, Kurt : Willkürliche Haltung und Bewegung, Ergebnisse der Physiologie 26, 1928.
Beiträge zur Physiologie der willkürlichen Bewegung I., Pflügers Archiv für Physiologie 209, 1925
- Wagner, Richard : Über die Zusammenarbeit der Antagonisten bei der Willkürbewegung I, II. Zeitschrift für Biologie Bd.83, 1925.

L e b e n s l a u f .

Am 27.9.1913 wurde ich, Maria Gunkel, in Fulda als Tochter des Arztes Dr. Paul Gunkel und seiner Ehefrau Maria, geb. Engelhardt, geboren. Nach 4jähriger Vorschule besuchte ich 9 Jahre lang das Oberlyzeum der Englischen Fräulein zu Fulda und legte dort im März 1933 die Reifeprüfung ab. Zur Klärung des Weltbildes studierte ich zunächst Philosophie, Geschichte und deutsche Literaturgeschichte, dann - nach 1939 - an den Hochschulen Freiburg, Göttingen, München und Heidelberg Zoologie, Botanik und Anthropologie. Da ich seit meinem 13. Lebensjahr krank und in meiner Leistungsfähigkeit behindert war, musste das Studium immer wieder unterbrochen werden. Von Herrn Professor Erich von Holst erhielt ich im Sommer 1947 das Thema zu vorliegender Untersuchung. Die Experimente und Kurvenanalysen, die ihr zu Grunde liegen, führte ich im Heidelberger Zoologischen Institut in den Jahren 1948-51 durch und beendete die Ausarbeitung im Frühjahr 1952. Kleine Ergänzungen fügte ich im Frühjahr 1955 hinzu. Durch einen Rückfall in die Krankheit und finanzielle Schwierigkeiten war es mir bisher nicht möglich, das Studium abzuschliessen.

